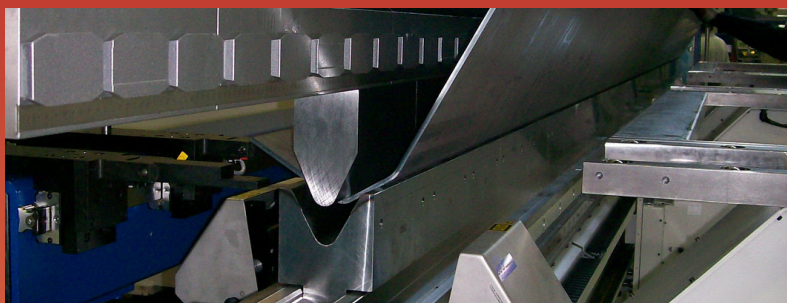


**В. Г. КРОХАЛЕВ
А. А. ЧЕБЫКИН**

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Учебное пособие



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б. Н. ЕЛЫЦИНА

В. Г. Крохалев, А. А. Чебыкин

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Учебное пособие

Рекомендовано методическим советом УрФУ для студентов,
обучающихся по программам бакалавриата и магистратуры
по направлению подготовки 08.03.01, 08.04.01 «Строительство»

Екатеринбург
Издательство Уральского университета
2017

УДК 624.14(075.8)
ББК 38.54я73
К83

Р е ц е н з е н т ы:

Р. Г. Губайдулин, доктор технических наук,
профессор кафедры строительных конструкций и сооружений
(Южно-Уральский государственный университет);

Х. М. Ягофаров, доктор технических наук,
профессор кафедры строительных конструкций
и строительного производства
(Уральский государственный университет путей сообщения)

Н а у ч н ы й р е д а к т о р

В. Х. Куршпель, кандидат технических наук, доцент

Крохалев, В. Г.

К83 Технология изготовления металлических конструкций :
учеб. пособие / В. Г. Крохалев, А. А. Чебыкин ; [науч. ред.
В. Х. Куршпель] ; М-во образования и науки Рос. Федера-
ции, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та,
2017. – 180 с.

ISBN 978-5-7996-2193-3

В учебном пособии изложены все этапы изготовления металлических конструкций в технологической последовательности: подготовка металлопроката, изготовление деталей, сборка и сварка конструкций, защита от коррозии и транспортировка. Отражены современные достижения в области обработки металлопроката (робототехника, лазерная и гидроабразивная резка стали и пр.), описано поточное изготовление металлоконструкций, дана методика технико-экономической оценки процессов.

Для студентов бакалавриата, изучающих дисциплину «Технология изготовления металлических конструкций»; будет полезно при выполнении расчетно-графических работ и проектов, а также выпускных квалификационных работ.

УДК 624.14(075.8)
ББК 38.54я73

Иллюстрации на обложке с сайтов:

<http://metallzavodd.ru/proizvodstvo--metallokonstruktcij/>;
<http://gibka-rezka-svarka.ru/>; <http://stellastroy.ru/>

*Посвящается
светлой памяти нашего учителя
заслуженного строителя России,
доктора технических наук, профессора
Бориса Александровича Сперанского*

Предисловие

Для внедрения в практику строительства современных технологичных металлоконструкций необходимы обширные знания в области проектирования, изготовления, монтажа и эксплуатации металлических конструкций.

Настоящее учебное пособие посвящено технологии изготовления металлических конструкций. Оно состоит из семи глав, двух приложений. В них изложены основные этапы современных технологических процессов изготовления металлических конструкций, приведены основные характеристики станочного оборудования отечественного и зарубежного производства. В пособии описаны современные эффективные методы обработки металлопроката – лазерная и гидроабразивная резка, а также использование робототехники при сборке и сварке. Приведена методика оценки трудоемкости изготовления отдельных конструкций, построения поточных линий обработки металлопроката.

При подготовке пособия использованы работы кафедры металлических и деревянных конструкций Челябинского политехнического института имени Ленинского комсомола, института «ЦНИИПроектстальконструкция», Челябинского и Нижне-Исетского заводов металлических конструкций института «ВНИКТИ-стальконструкция».

Авторы благодарны доктору технических наук, профессору Р. Г. Губайдуллину (ЮУрГУ) и доктору технических наук, профессору Х. М. Ягофарову (УрГУПС) за ценные советы и пожелания при написании данного учебного пособия, а также кандидату технических наук З. В. Беляевой и бакалавру А. И. Кивокурцеву за оказанную помощь при подготовке и оформлении материалов пособия.

Авторы выражают глубокую признательность и благодарность бывшему главному инженеру Нижне-Исетского завода металлических конструкций Виктору Ивановичу Москалеву за помощь в подготовке первого издания учебного пособия «Технология изготовления металлических конструкций» и в организации выпуска специалистов специализации «Промышленное и гражданское строительство. Металлические конструкции» в УПИ им. С. М. Кирова.

Глава 1

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

1.1. Номенклатура строительных металлических конструкций

Номенклатура изготавливаемых строительных металлических конструкций весьма разнообразна, поэтому производство их в основном универсальное (серийное), в отдельных случаях – индивидуальное.

При изготовлении элементов металлических конструкций используют главным образом два вида соединений – сварное и болтовое.

В номенклатуру строительных металлических конструкций входят:

а) сплошностенчатые конструкции: колонны из прокатных профилей и сварные из листовых элементов, листовые конструкции (резервуары, бункера, силосы, трубопроводы, вытяжные трубы, кожухи доменных печей и других металлических агрегатов, мембранные покрытия, подкрановые балки, элементы балочных клеток);

б) плоские и пространственные стержневые конструкции (стропильные и подстропильные фермы, сквозные колонны, различного типа опоры, ветровые и связевые фермы, отдельные связевые элементы, секции, структурные покрытия и стены, мачты и башни, пространственная обвязка вытяжных труб, элементы градирен, светоаэрационных фонарей, каркасы шахтных копров, эстакады, фермы транспортерных галерей);

в) несущие и ограждающие конструкции покрытий (прогоны, стальные и алюминиевые профилированные листы, каркасы кровельных панелей, каркасы подвесных потолков, щиты покрытий и т. д.).

1.2. Материалы и изделия, применяемые при изготовлении металлических конструкций

Стальные конструкции. При изготовлении стальных и алюминиевых конструкций применяют сталь, алюминиевые сплавы и изделия из них (металлопрокат, гнутые и холоднотянутые тонкостенные профили, канаты), а также сварочные материалы (электроды, флюсы, сварочная проволока, защитные газы и газы, поддерживающие горение, – кислород, водород, ацетилен), соединительные элементы (болты, гайки, шайбы).

Набор типов профилей, отличающихся размерами, геометрическими характеристиками, линейной плотностью, называют сортаментом профилей.

При разработке и изготовлении несущих конструкций зданий и сооружений следует руководствоваться документом «Сокращенный сортамент металлопроката для применения в строительных стальных конструкциях», введенным в действие с января 1987 г. Постановлением Госстроя СССР от 21 ноября 1986 г. № 28.

Листовая прокатная сталь для строительных конструкций поставляется по четырем группам: листовая, универсальная, широкополосая, рифленая и просечно-вытяжная.

Сокращенным сортаментом предусмотрено применение стали толщиной 2,5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 45, 50, 60, 80, 100, 120, 140, 160, шириной 1000, 1200, 1400, 1500, 1600, 1800 и 2000 мм, длиной 6000 и 8000 мм. Для фланцевых соединений в сокращенном сортаменте предусмотрена поставка горячекатаной стали толщиной 25, 30, 40, 50 мм марки 14Г2АФ-15 по ТУ 14-105-465-82 и О9Г2С-15. Эта сталь имеет гарантированный показатель – относительное сужение поперек волокон.

Сталь листовую разделяют по прочности прокатки (повышенной прочности – А, нормальной прочности – В), по плоскостности (особо высокой плоскостности – ПО, высокой плоскостности – ПВ, увеличенной плоскостности – ПУ, нормальной плоскостности – ПН), по характеру кромки (с необрезанной кромкой – НО, с обрезанной кромкой – О), по размерам – форма 1...4.

Наиболее часто применяется универсальная сталь толщиной 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25 и 30 мм, шириной 300, 400, 500, 600 и 800 мм, длиной 6000, 8000 и 12 000 мм.

Сталь прокатная универсальная широкополосная в сокращенном сортаменте не предусмотрена.

Сталь горячекатаная, швеллеры (ГОСТ 8240-97*), различается номерами, которые соответствуют высоте стенки в сантиметрах. Швеллеры могут быть как с уклоном внутренних граней полок, так и с параллельными гранями (номера от 5 до 40).

Сталь горячекатаная, балки двутавровые (ГОСТ 8239-89*), также различается номерами, соответствующими высоте балки в сантиметрах. Балки поставляются длиной 4000...13 000 мм.

Сокращенным сортаментом предусмотрены балки № 10, 12, 14, 18, 20.

Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок типа Б, К и ДБ по ГОСТ 20020-83 предусмотрены сокращенным сортаментом.

Тавры получают путем роспуска двутавров продольным резом на две части.

Алюминиевые конструкции. В чистом виде алюминий мало пригоден в строительных конструкциях, так как имеет низкую механическую прочность. В строительных конструкциях обычно применяют алюминиевые сплавы. Повышенную прочность сплавов получают путем добавления к алюминию легирующих добавок:

а) технического алюминия (чистого, без добавок) – А1, А2, А0, АД1;

б) алюминиево-марганцовистых сплавов – АМц;

в) алюминиево-магниевых сплавов – АМг;

г) алюминия – магния – кремния (авиаль) – АД;

д) алюминия – меди – магния (дюралюминий) – Д1, Д16 и др.;

е) алюминия – магния – кремния – меди (ковочные, жаропрочные сплавы) – АК2, АК4 и т. д.;

ж) алюминия – цинка – магния – меди (высокопрочные сплавы) – В92, В95 и др.;

з) сплавов с преобладанием магния – МА1, МА2 и т. д.

Сплавы четырех групп «г» – «ж» упрочняют термической обработкой, сплавы групп «а» – «в» термически неупрочняемые.

Характеристики алюминиевых сплавов как строительного материала. Физические свойства для всех сплавов принято считать одинаковыми (объемный вес, коэффициент температурного расширения и др.).

Объемный вес сплавов изменяется от 2,64 до 2,9 т/м³.

Модуль продольной упругости $E = 7100...7300$ кг/мм², модуль сдвига $G = 2700$ кг/мм².

Коэффициент Пуассона составляет $\mu = 0,3...0,36$ для различных сплавов, рекомендуемое значение $\mu = 0,3$ [1, табл. 2, прил. 1].

Коэффициент температурного расширения (в интервале 20...100 °С) равен $(22...24) \cdot 10^6$.

Для строительных конструкций применяются сплавы следующих марок и состояний:

- АД1М, АМцМ, АМг2М, АМг2П – термически не упрочняемые;
- АД31Т, АД31Т1, 1925Т, 1915Т – термически упрочняемые, хорошо свариваемые (кроме 1925Т).

Все приведенные выше сплавы хорошо сопротивляются воздействию коррозии.

Алюминиевые сплавы разделяются на деформируемые, обрабатываемые давлением и литейные.

По состоянию поставки алюминиевые сплавы делятся:

- на отожженные мягкие (М);
- полунагартованные (П);
- нагартованные (Н);
- закаленные и естественно состаренные (Т);
- закаленные и искусственно состаренные (Т1);
- не полностью закаленные и искусственно состаренные (Т5).

Термическая обработка сплавов состоит из двух стадий – закалки и старения. Закалка выполняется при температуре 45...520 °С с последующим быстрым охлаждением в воде при температуре не ниже 20 °С.

Процесс старения происходит:

а) при естественном старении – при комнатной температуре, продолжительность от 4 до 30 суток;

б) при искусственном старении – при температуре 150 °С в течение нескольких часов.

Сплавы марок АД31, 1915 и 1925 проходят закалку в прессе без охлаждения в воде.

Повышение прочности термически не упрочняемых сплавов достигается за счет химической обработки – нагартовкой и полунангартовкой;

В связи с пониженным значением относительного удлинения нагартованные листы не рекомендуется подвергать гибке и сварке во избежание появления разрывов и трещин. Для изготовления защитно-декоративной отделки следует использовать сплав алюминия АД31, обладающий достаточно высокой прочностью и пластичностью.

Алюминиевые профили (полуфабрикаты) условно можно разделить на две группы – листовые и профильные.

Листовые полуфабрикаты включают гладкие и профилированные листы и используются в качестве ограждающих конструкций. Толщина листов (по ГОСТ 12592-67) 0,3...4 мм, ширина 1000...1600 мм, длина (АМц – М, АМг2М) – 2000...4000 мм, (АМцП, АМг2П) – 2000...7000 мм. Листы изготавливаются толщиной до 10 мм с модульной шириной 500 мм.

Алюминиевые ленты в рулонах (по ОСТ 1-92006-71) поставляются толщиной 0,3...3,0 мм, шириной 321...2000 мм. Ленты изготавливаются толщиной до 10,5 мм.

Профилированные алюминиевые листы применяют для устройства кровель, перегородок, стен, подвесных потолков.

Профилированные листы изготавливают без отделки лицевых поверхностей. Но при необходимости возможны их анодирование или окраска.

Фасонные профили применяются для витражей, перегородок, окон, дверей.

В строительных конструкциях применяют следующие профили:

- а) швеллеры (П300);
- б) равнобокие уголки (П50);
- в) зетовые профили (П500);
- г) неравнобокие уголки (П52);
- д) разнополочные двутавры (П200);
- е) шляповидные профили (П460);
- ж) тавры (П130);
- з) составные элементы комбинированных профилей для окон;
- и) основные профили витражей, окон, перегородок;
- к) штапики, нащельники и другие комплектующие профили.

1.3. Структура завода металлических конструкций

Завод по изготовлению металлических строительных конструкций (ЗМК) состоит из подразделений (цехов) основного производства и вспомогательно-подсобного производства.

Цеха основного производства завода выполняют непосредственно технологические операции по подготовке металлопроката (МП) и его обработке, изготовлению конструкций, защите их от коррозии, хранению и погрузке в транспортные средства. В сферу основного производства входят цеха:

- а) подготовки металлопроката (открытые и закрытые склады МП, участки приемки и сортировки; на некоторых ЗМК в цех подготовки МП входят участки очистки, консервации и правки);
- б) изготовления деталей конструкций;
- в) сборки конструкций;
- г) сварки;
- д) маляропогрузки готовых конструкций.

Цех подготовки металлопроката производит разгрузку, сортировку, маркировку, складирование, хранение и выдачу его для дальнейшей отработки. На некоторых ЗМК в цех подготовки входят участки очистки, правки и консервации МП. В цех подготовки

также поступают деловые отходы МП из цехов обработки для дальнейшего их использования в технологическом процессе.

В цехе обработки металлопроката выполняется весь комплекс обработки стали: правка, разметка (наметка), механическая или огневая резка, строгание, фрезерование, образование отверстий и т. д.

Как правило, изготовление деталей выполняется на поточных линиях обработки листа или профильного МП. В состав цеха изготовления деталей входит шаблонная мастерская. Все участки цеха оснащены необходимым парком металлообрабатывающих станков, оборудования и оснастки.

В сборочном цехе выполняют сборку конструкций из отдельных деталей, поступающих со склада полуфабрикатов. Процесс сборки состоит из размещения деталей на козелках, сборных плитах, в кондукторах в соответствии с рабочим чертежом КМД (конструкции металлические деталеровочные) с использованием разнообразных приспособлений и сборочных инструментов и соединения их между собой сварными швами (прихватками). Сборочные участки оснащены необходимым сварочным оборудованием.

В цехе сварки осуществляют окончательное соединение деталей в собранной конструкции сварными швами с использованием полуавтоматической или автоматической сварки. Иногда используют контактную, точечную и стыковую сварку. В большинстве ЗМК цеха сборки и сварки объединены в один цех сборосварки с выделением отдельных участков сборки и сварки.

В маляропогрузочных цехах выполняют операции по защите изготовленных конструкций от коррозии и погрузке их в транспортные средства.

Во всех технологических потоках по изготовлению конструкций имеются необходимый внутрицеховой транспорт и погрузо-разгрузочные механизмы.

Качество поступающего МП, сварочных материалов, изготовленных деталей и конструкций контролируется отделом технического контроля (ОТК).

Цеха вспомогательного производства предназначены для обеспечения бесперебойного функционирования основного производ-

ства и включают транспортный, ремонтно-механический, ремонтно-строительный, электромонтажный цеха.

Транспортный цех с депо и гаражом обеспечивает стабильную работу заводского железнодорожного и автодорожного транспорта.

Ремонтные цеха выполняют ремонт станочного и кранового оборудования, напольного транспорта, всего электрооборудования, зданий и сооружений, инженерных коммуникаций. Электроремонтный цех, кроме того, обеспечивает бесперебойную работу заводских электроподстанций и электросетей. К вспомогательному производству относят также магазин, склады, телефонную подстанцию, заводскую лабораторию, геодезическую службу.

Для обеспечения основного производства кислородом, ацетиленом, углекислым газом, метизами, сварочным материалом, инструментами, сжатым воздухом, паром, водой на ЗМК имеется подсобное производство:

- а) кислородная станция;
- б) ацетиленовая станция;
- в) станция подготовки углекислого газа;
- г) метизный цех;
- д) цех подготовки сварочных материалов;
- е) инструментальный цех;
- ж) компрессорная станция.

Управление производством осуществляется через систему руководства заводом. Основным, вспомогательным и подсобным производством руководит заводоуправление во главе с генеральным директором и его заместителями (рис. 1.1).

1.4. Конструктивная и технологическая документация

На основании проекта договора и чертежей КМ (конструкции металлические) конструкторский отдел разрабатывает следующую техническую документацию:

- а) рабочие чертежи КМД;
- б) монтажные схемы;

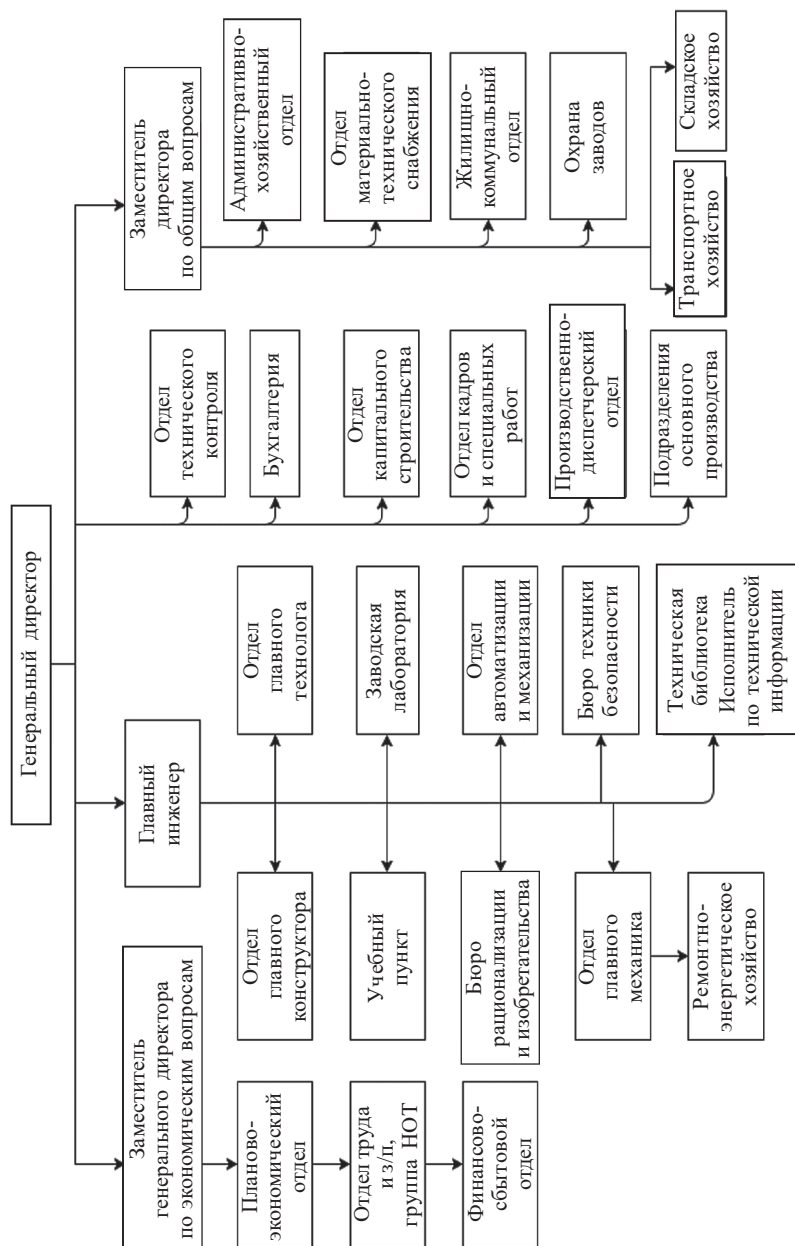


Рис. 1.1. Схема управления заводом металлоконструкций мощностью 80...120 тыс. т/год

- в) листки готовых элементов на каждый чертеж;
- г) ведомость монтажных болтов;
- д) чертежи на упаковку и отгрузку конструкций;
- е) схемы общих сборок;
- ж) карты раскроя;
- з) заявочную спецификацию металла.

Названную техническую документацию конструкторский отдел высылает по назначению в соответствии с табл. 1.1.

По мере выпуска конструкторским отделом завода чертежей КМД отдел главного технолога (ОГТ) разрабатывает в централизованном порядке на каждый чертеж или группу чертежей следующую технологическую документацию:

- а) маршрутный сопроводительный лист (маршрутная технология изготовления деталей);
- б) сопроводительные листы на металл;
- в) ведомость полуфабриката;
- г) рабочие наряды на изготовление деталей, сборку и сварку карт;
- д) технологические карты на сборку и сварку конструкций с нарядами;
- е) диспетчерский лист;
- ж) заявку на технологическую оснастку.

Если технологический процесс сборки и сварки отличается от типовой технологии, ОГТ разрабатывает индивидуальный технологический процесс и чертежи оснастки. Все перечисленные первичные документы рассылаются цехам и отделам в количестве, указанном в табл. 1.2.

В маршрутном сопроводительном листе приводят следующие данные:

- а) порядок выполнения технологических операций;
- б) размеры изготавливаемых деталей, количество и массу;
- в) объемы работ по каждой операции;
- г) марку металла.

В практике заводов на один чертеж разрабатывают от 2 до 12 маршрутных сопроводительных листов. Принцип разработки их заклю-

Т а б л и ц а 1.1

Распределение технической документации по отделам и цехам завода

Получатель технической документации	Рабочие чертежи КМД	Монтажные схемы	Лист готовых элементов	Ведомость монтажных болтов	Чертежи на упаковку и отгрузку	Схемы общих сборок	Карта раскрытия	Лист складу
Производственно- диспетчерский отдел (ПДО)	–	1	1	1	–	–	–	1
Отдел главного технолога (ОГТ)	2	–	–	–	–	1	1	–
Отдел технического контроля (ОТК)	1	–	–	–	–	1	–	–
Отдел сбыта	–	–	1	–	–	–	–	–
Отдел снабжения	–	–	–	1	–	–	–	–
Цех хранения и подготовки металла	–	–	–	–	–	–	–	1
Заготовительные цеха	1	–	–	–	–	–	1	1
Цеха сборосварки	1	–	1	–	–	1	–	–
Цех окраски и отгрузки конструкций	1	–	1	–	–	–	–	–
Заказчик	4	3	–	3	–	–	–	–

Т а б л и ц а 1.2

Распределение технологической документации

Получатель технологической документации	Маршрут- ный сопроводитель- ный лист	Сопро- води- тельный лист	Ведо- мость полу- фабриката	Наря- ды	Диспет- черский лист	Техноло- гическая карта на сборку	Техноло- гическая карта на сварку	Меж- цехо- вые услуги	Заявка на тех- нологи- ческую оснастку	Индиви- дуальный техноло- гический процесс
Цех хранения и подготовки металла	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Заготовительные цеха	+	2	—	+	1	—	—	1	1	+
Склад полуфабриката	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—
Сборо- сварочные цеха	—	—	2	—	—	+	+	—	1	+
Механо- сборочный цех	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
Инструмен- тальный цех	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—

чается в следующем. В маршрутный сопроводительный лист вписывают партию деталей одного профиля с одинаковой технологией изготовления, из одной марки стали. Маршрутный сопроводительный лист заполняют от руки. С заполненных маршрутных листов чертежа в машбюро завода перепечатаывают левую часть маршрутного сопроводительного листа на металл и правую часть маршрутного сопроводительного листа для рабочих нарядов в количестве, равном числу операций технологического маршрута (по одному экземпляру на каждую операцию).

Наряды выписывают на объемы работ по каждой операции. На бланках рабочих нарядов технолог указывает название операций: слева сверху – предыдущая операция; справа сверху – операция, на которую выписан наряд; справа снизу – последующая операция.

Расписанные технологом наряды передают в отдел труда и заработной платы (ОТиЗ). После расценки нарядов технолог составляет на каждый чертеж диспетчерский лист. В этот документ включены все маршрутные сопроводительные листы на один чертеж с отражением полного объема работ по каждой операции данного чертежа и порядка выполнения.

Ведомость полуфабриката, составленная технологом, является перечнем деталей, входящих в состав чертежа, с указанием их количества и массы. Ведомость полуфабриката составляют в трех экземплярах.

По окончании полной разработки технологическую документацию передают одновременно в заготовительные и сборосварочные цеха завода.

1.5. Технологические и механические свойства стали

Технологические свойства. Разработка оптимального технологического проекта изготовления металлической конструкции в большой степени зависит от глубоких знаний технолога в области технологических и механических свойств стали.

Рассматривая свойства металлов с технологической точки зрения, обычно выделяют две стороны вопроса:

- как влияют свойства стали на построение технологического процесса;
- какое влияние оказывают технологические процессы на свойства стали.

Поэтому технологические свойства стали делят на первичные и вторичные. К первым относятся свойства, с которыми стальной металлопрокат прибывает на завод металлических конструкций с завода-изготовителя; ко вторым – свойства, приобретенные металлом после одной или нескольких технологических операций, выполненных при изготовлении конструкции.

После правки, гибки, вальцовки, т. е. операций, связанных с пластическими деформациями, металл приобретает наклеп, который увеличивает прочность стали, но повышает хрупкость обрабатываемого металла.

После кислородно-газовой резки на кромках изготавливаемых деталей образуются зоны закалки, которые являются источниками хрупких трещин, повышения прочности стали и снижения ее пластичности.

Появление вторичных свойств металла, негативно влияющих на работу стали, требует дополнительных трудозатрат на удаление указанных выше зон, так как при разработке проектной документации, при расчете конструкций, учитываются первичные свойства.

Современное производство металлоконструкций представляет собой совокупность достаточно большого количества технологических операций, различных по способу воздействия их на металл, что делает технологическое проектирование сложным.

Проектирование технологического процесса усложняется еще и тем, что в металлических конструкциях применяют стали многих марок, получаемых различными способами выплавки и прокатки и в связи с этим обладающих многообразием технологических свойств. Только исчерпывающие сведения о технологических свойствах стали позволяют повысить надежность процессов, обеспечить хорошее качество конструкций и сократить время для их изготовления.

Принято условно делить технологические свойства на четыре группы:

- 1) механические свойства (предел текучести, временное сопротивление, относительные деформации и т. д.);
- 2) свойства, определяемые химическим составом стали;
- 3) свойства, определяемые условиями поставки (допуски, геометрические параметры);
- 4) теплофизические константы стали и алюминиевых сплавов.

Механические свойства. Величины механических характеристик обрабатываемых сталей и используемых при выполнении технологических расчетов значительно отличаются в большую сторону по сравнению с аналогичными характеристиками, используемыми при расчете металлических конструкций по первой и второй группам предельных состояний.

Целью технологического расчета является обеспечение безаварийной работы технологического оборудования, а не прочности и надежности изготавливаемых металлических конструкций. При расчетах конструкций по предельным состояниям рассматриваются минимальные значения механических характеристик, а при выполнении технологических расчетов принимаются их максимальные значения.

К механическим свойствам стали относятся:

- предел текучести (σ_y);
- временное сопротивление или предел прочности (σ_u);
- относительное удлинение (ϵ);
- ударная вязкость (КС);
- вид (характер) диаграммы растяжения.

Сложность выдерживания постоянного химического состава стали, параметров прокатки, термической обработки и других причин приводит к тому, что у различных прокатных изделий из одной и той же марки стали технические характеристики колеблются.

При назначении усилий и изгибающих моментов, необходимых для деформирования металлов во время его обработки, технологам требуются полные сведения о связи уровня деформации (ϵ)

с величиной напряжений (σ_y , σ_u) на протяжении всего процесса деформирования. Эту информацию технолог получает из диаграмм растяжения опытных образцов стали.

Различают четыре типа диаграмм: машинная, условная, диаграмма истинных деформаций и напряжений и аппроксимированная диаграмма [2].

Машинные диаграммы получают во время непосредственных испытаний опытных образцов стали, которые выявляют связь удлинения образца (Δl) с усилием (P) на силовом органе разрывного механизма (рис. 1.2).

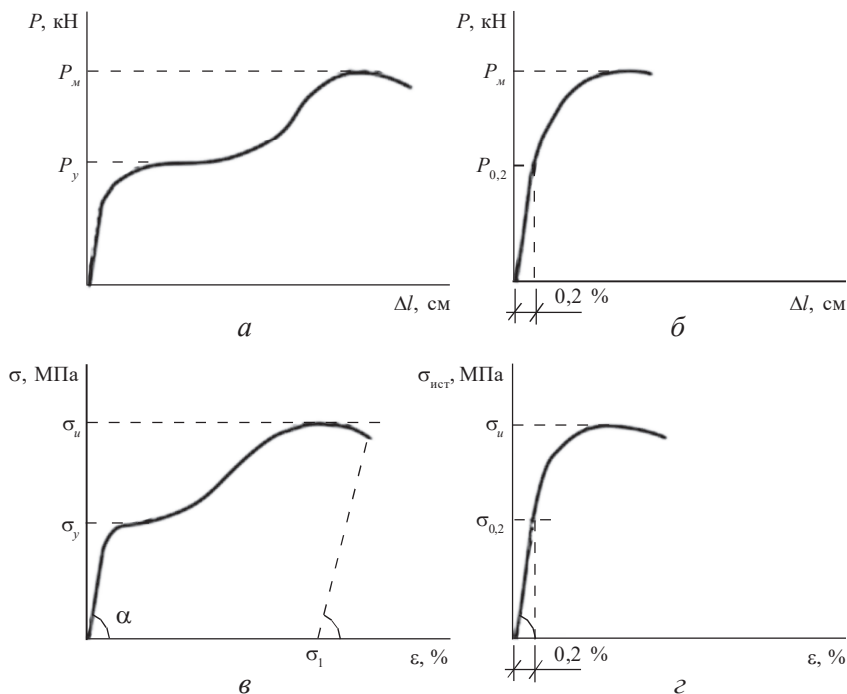


Рис. 1.2. Диаграммы растяжения опытных образцов стали:

a – машинная диаграмма пластичных сталей; $б$ – диаграмма зависимости усилия (P) и удлинения образца (Δl) сталей, у которых отсутствует площадка текучести; $в, г$ – условные диаграммы, устанавливающие связь между условными напряжениями (σ_y , σ_u) и условными деформациями (ϵ)

Условные напряжения получают из формулы

$$\sigma = \frac{P}{A_0}, \text{ МПа,}$$

где P – действующее усилие, Н; A_0 – начальная площадь сечения опытного образца, мм².

Относительное удлинение опытного образца определяют следующим образом:

$$\delta_0 = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100 \%,$$

где Δl – абсолютное удлинение образца, мм; l_0 – начальная длина образца, мм.

Напряжения называют условными, потому что в действительности в процессе растяжения площадь поперечного сечения образца постепенно уменьшается ($A < A_0$).

Истинные напряжения в сечении образца получают по формуле

$$\sigma_{\text{ист}} = \frac{P}{A}, \text{ МПа,}$$

где P – усилие, действующее на образец в данный момент, Н; A – действительная площадь сечения опытного образца в данный момент испытания и соответствующее значение усилию (P), мм².

Действительную площадь сечения образца (A) определяют, используя коэффициент поперечного сечения ψ :

$$\psi = \frac{A_0 - A}{A_0} = 1 - \frac{A}{A_0}.$$

Отсюда $A = (1 - \psi) \cdot A_0$, мм².

Истинное напряжение в образце в определенный момент испытания равно

$$\sigma_{\text{ист}} = \frac{P}{(1 - \psi) A_0}, \text{ МПа.}$$

Значение ψ можно получить аналитически, используя параметр δ .

Объем опытного образца в пределах базового размера в процессе его растяжения примерно одинаковый, поэтому

$$A \cdot l = A_0 \cdot l_0 = V_{\text{const}},$$

и, следовательно,

$$\psi = \frac{A_0 - A}{A_0} = 1 - \frac{A}{A_0} = 1 - \frac{A(l - l_0)}{A_0 l} = 1 - \frac{l_0}{l} = \frac{l - l_0}{l}.$$

Истинное относительное удлинение (ε) определяется путем интегрирования отношения $\Delta e_x / e_x$ по формуле

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l_x} \frac{dx}{l_x} = \ln \frac{l_x}{l_0} = \ln \frac{l_0 + \Delta l}{l_0} = \ln(1 + \delta).$$

Истинные диаграммы не имеют горизонтальных участков (площадок текучести), так как площадь поперечного сечения в течение всего времени испытания убывает.

Значение истинной деформации получается путем интегрирования отношения $\Delta l_x / l_x$ (деформация накапливается постепенно и должна быть на каждом этапе испытания отнесена к соответствующей длине образца).

Для упрощения расчетов используют аппроксимированные диаграммы (рис. 1.3).

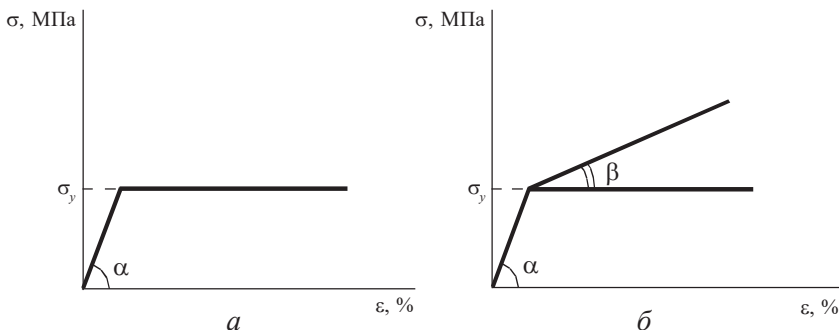


Рис. 1.3. Аппроксимированные диаграммы растяжения:

а) для пластичных сталей; б) для упрочняющихся сталей

Для технологических расчетов, связанных с изготовлением стальных конструкций, более разумно и целесообразно пользоваться двумя аппроксимированными прямыми линиями (рис. 1.4).

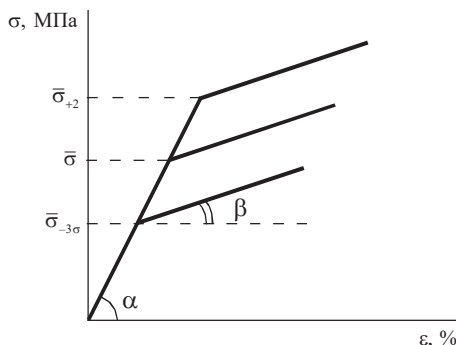


Рис. 1.4. Диаграммы растяжения самоупрочняющихся сталей, аппроксимированные двумя прямыми линиями

Угол наклона β характеризует степень упрочнения стали при пластической деформации:

$$\operatorname{tg} \beta = E_1,$$

где E_1 – модуль упрочнения стали.

Для пластичных малоуглеродистых сталей модуль упрочнения E_1 очень мал, поэтому в технологических расчетах используют диаграмму как на рис. 1.3, а.

При изготовлении и монтаже металлы обрабатывают в широком диапазоне температур: от -60°C (в северных районах страны) до 1100°C (при кузнечных работах, кислородно-газовой резке). Из-за этого свойства стали меняются в широком диапазоне.

Определение технологических свойств стали. При исследовании и испытании металла необходимо определить следующие показатели:

- технологический предел текучести;
- технологическое временное сопротивление;
- относительное удлинение;
- химический состав;
- ударную вязкость.

Механические свойства металлов определяют чаще всего по результатам статистической обработки данных испытаний опытных образцов. Минимальное количество образцов и проб металлопроката следует определять по табл. 1.3 [3, с. 92].

Т а б л и ц а 1.3

Вид испытаний	Число элементов, проверяемых в партии	Число проб и образцов	
		от элемента	всего от партии
Химический анализ	3	1	3
Испытание на растяжение	2(10*)	1	2(10*)
Испытание на ударную вязкость	2**	3**	6**
Отпечаток по Бауману	2	1	2

* При определении предела текучести и временного сопротивления по результатам статистической обработки данных испытаний образцов.

** Для каждой проверяемой температуры и для испытаний после механического старения.

Технологический предел текучести или временное сопротивление стали по результатам статистической обработки данных испытаний образцов определяется по формуле

$$\sigma = \bar{\sigma} + \alpha S,$$

где $\bar{\sigma}$ – среднеарифметическое значение искомой случайной величины:

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_i;$$

α – коэффициент, учитывающий объем выборки;

$$\alpha = 1,65 \left(1 + \frac{0,91}{\sqrt{n}} + \frac{1,5}{n} \right);$$

S – среднеквадратическое отклонение результатов испытаний (стандарт);

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\sigma_i - \bar{\sigma})^2},$$

где σ_i – искомая величина ($\sigma_y, \sigma_u, \varepsilon$) i -го образца; n – число испытанных образцов (не менее 10).

По полученным опытным данным строится гистограмма, после аппроксимации которой получают кривую, близкую к кривой нормального распределения Гаусса (рис. 1.5).

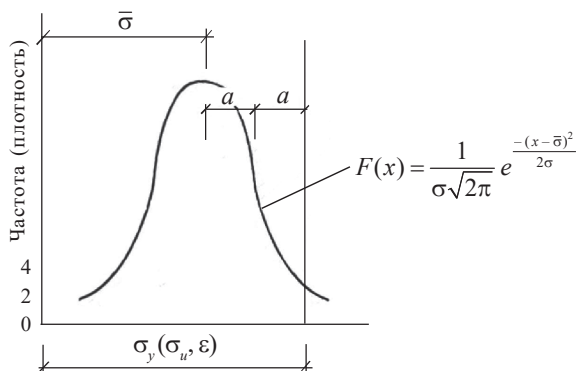


Рис. 1.5. Значения $\sigma_y(\sigma_{0,2})$, σ , σ_u и H_σ для строительных сталей (табл. 1.4)

С повышением температуры модуль упругости (E) снижается, а временное сопротивление (σ_u), предел текучести (σ_y) и относительная деформация (ε) изменяются по сложному закону.

Значения σ_u при нагреве стали сначала понижаются, затем в диапазоне температур 100...300 °C увеличиваются и затем снова резко уменьшаются. При температуре 700...750 °C σ_u и σ_y становятся равными нулю.

Изменение значений ε носит обратный характер, снижаясь по мере нагрева, достигая в области 200 °C минимального значения, и далее увеличивается.

Т а б л и ц а 1.4

**Средние значения и стандарты технических свойств
некоторых строительных сталей**

Сталь	σ_u , МПа		σ_y , МПа		σ , %		H_B	
	σ_u	$\bar{\sigma}$	σ_y	$\bar{\sigma}$	σ	$\bar{\sigma}$	H_B	$\bar{\sigma}$
ВСтЗкп	421	14,1	252	12,0	27,8	1,84	120	10
ВСтЗсп	444	22,3	279	18,9	31,15	3,32	120	10
10Г2С1	550	24,9	388	18,6	28,8	3,13	155	15
15ХСНД	555	30,8	394	25,5	25,9	3,15	155	15
16Г2АФ	650	32,6	490	29,0	24,3	2,77	190	20
10ХСНД	602	40,7	454	43,3	24,8	3,57	166	18
12Г2СМФ	850	79,5	759	86,5	16,4	2,38	225	25
14Х2ГМР	791	71,9	671	43,1	16,3	2,49	225	25

Примечание. Исследовались свойства листовой стали толщиной 16...20 мм. Эти данные можно использовать и при расчете технологических процессов обработки листовой стали других толщин и любого фасонного проката.

Таким образом, в диапазоне температур 100...200 °С возрастание механической прочности стали сопровождается понижением ее пластичности, сталь становится хрупкой. При данном уровне нагрева сталь имеет синий цвет, поэтому повышение прочности стали при снижении пластичности носит название «синеломкость».

1.6. Химический состав сталей и теплофизические константы

Важнейшей технологической характеристикой стали является ее химический состав. Именно он определяет технологию тепловой резки стали и ее сварки. С этих позиций химический состав удобно оценивать по углероду С. Коэффициент по углероду определяют по ряду формул.

Наиболее распространенной является следующая:

$$C_3 = \frac{C}{1} + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} + \frac{V}{5}.$$

В числителе в правой части формулы – известные символы компонентов, входящих в состав стали, в знаменателе – коэффициенты, показывающие влияние компонента на уровень закалки стали при охлаждении после нагрева. Для вычисления C_3 вместо символов компонентов следует подставить их содержание в стали в процентах по данным сертификатов или ГОСТов.

Ниже даны средние значения коэффициента C_3 :

СтЗкп	0,204
СтЗсп	0,303
10Г2С1	0,437
15ХСНД	0,467
16Г2НФ	0,506
12Г2ОМФ	0,630
15ХГ2СМФР	0,830

К числу теплофизических констант, влияющих на технологию обработки стали, относятся температура воспламенения металла, температура плавления его окислов. Теплофизические константы для малоуглеродистых сталей: $t_{\text{вос}} = 1350 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{пл}} = 1500 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{п.о}} = 1400 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

У малоуглеродистых и низколегированных сталей температура воспламенения ниже температуры плавления. Это позволяет применять для их резки способ, основанный на сгорании металла в струе кислорода (кислородная и плазменная резка).

Прокат из многих марок стали повышенной и высокой прочности на металлургических заводах термически упрочняют путем последовательного применения двух видов термической обработки – закалки и отпуска (или высокого отпуска). При изготовлении деталей из этих сталей следует избегать нагрева металла выше температуры отпуска во избежание потери прочности, приобретенной металлом при термической обработке. Температура отпуска указывается поставщиком металла в сертификатах.

Глава 2

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

2.1. Приемка металлопроката (сортировка, активирование, складирование и хранение)

Поставка металлопроката заводом-изготовителем заказчику производится, как правило, повагонно. Поэтому партия МП формируется массой 40 или 60 т.

Каждая партия МП сопровождается документом (сертификатом), в котором должно быть указано наименование материала, номер партии и показатели (физические и механические свойства поставляемого проката). Приемка МП производится на сортировочной площадке ЗМК.

Для оценки соответствия МП требованиям ГОСТа и ТУ завода производятся выборочные замеры.

Приемка МП заканчивается составлением акта приемки (рис. 2.1), в котором участвуют персонал склада металла и отдел технического контроля. Номер акта наносится белой краской на принимаемый МП. В акте отражается ряд показателей (профиль, сорт, масса, марка стали, номер плавки, размеры).

АКТ №

№ вагона

Дата прибытия

Вид проката	Марка стали (класс)	Размеры	№ плавки	Вес, т	Сорт
[20	Вст3пс5	$L = 9 \text{ м}$ $L = 12 \text{ м}$	250°	45	1

Подпись мастера участка _____

Рис. 2.1. Форма акта приемки металлопроката

Акт составляется в четырех экземплярах – для бухгалтерии, бюро металла, отдела технического контроля, участка хранения.

Сортировка и маркировка металлопроката. Прибывший МП предварительно сортируется на сортировочной площадке (по профилям, размерам и маркам). По результатам выборочных замеров, в случае их несоответствия нормативным требованиям и требованиям заказчика, составляется рекламационный акт, который отправляется на завод-изготовитель или поставщику МП.

После сортировки часть проката направляется на дополнительную правку, а часть – для хранения на склад МП.

После сортировки на торцы МП наносятся белой краской номер акта приемки и различными цветами – маркировка завода-изготовителя. Способ цветной маркировки стали приведен в табл. 2.1.

Т а б л и ц а 2.1

Цветная маркировка стали

Марка стали	Цвет краски	Марка стали	Цвет краски
ВСт3кп2	Красный	10Г2С1	Голубой + белый
ВСт3Гис5	Красный + белый	15ХСНД	Белый
ВСт3сп6	Красный + голубой	10ХСНД	Зеленый
ВСт3сп5	Голубой	14Г2АФ	Зеленый + желтый
В18Гпс5	Черный + белый	18Г2АФ	Голубой + зеленый
М16С	Желтый + белый	15Г2АФ	Черный + зеленый
Ст3мост	Красный + черный	16Г2АФ	Черный + голубой
О9Г2С	Оранжевый	12Г2СМФ	Желтый + голубой
О9Г2	Зеленый + белый	14ГСМФР	Желтый + черный
14Г2	Желтый	15ХГ2СМФР	Оранжевый + черный
17ГС	Красный + зеленый	СТ20	Черный
15ГФ	Красный + желтый		

Хранение металлопроката. Хранят МП в устойчивых штабелях высотой не более 1,5 м. Для обеспечения неповреждаемости прокат укладывают на подкладки (деревянные или металлические) высотой 150 мм и далее через 0,3...0,5 м разделяют прокладками высотой 120...150 мм, которые располагают по высоте строго на одной линии, одна над другой.

Трубы диаметром до 500 мм укладываются штабелем не более 2 м высотой, ширина штабеля должна быть не меньше высоты. Трубы укладываются на прокладки 80×160 мм и удерживаются клиньями с обеих сторон. Складывают трубы и листовую сталь штабелями (рис. 2.2 и 2.3).

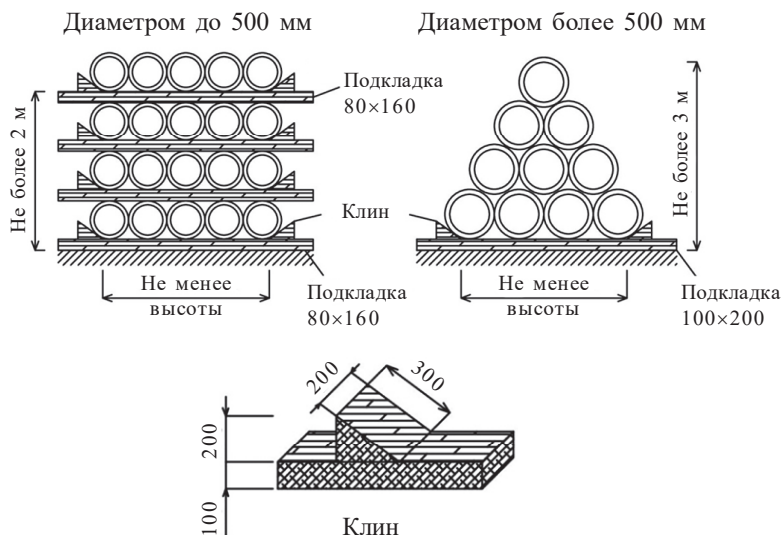


Рис. 2.2. Складирование труб

Деловые отходы МП подлежат возврату на склад металла, где их сортируют и хранят так же, как и исходный МП.

На складе МП ведется компьютерный, карточный или журнальный учет движения проката по его приходу и расходу. Учет производится по каждому виду проката с учетом партии металла и номера приемочного акта. Склады МП могут быть как закрытого,

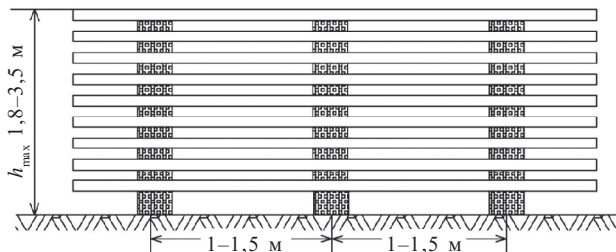


Рис. 2.3. Складирование листовой стали

так и открытого типа. В открытых складах МП может храниться не более 3 месяцев с момента отгрузки предприятием-изготовителем.

Складировать уголки следует штабелями, внутри штабеля – «елочкой».

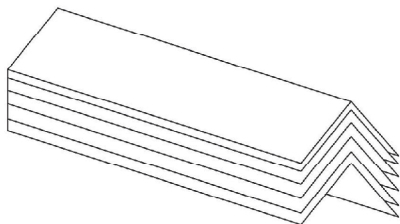


Рис. 2.4. Складирование уголков «елочкой»

При размещении штабелей следует предусмотреть проходы между штабелями высотой до 1,2 м, шириной 1 м, а между штабелями большей высоты – 2м.

2.2. Очистка металлопроката

Все металлические конструкции должны быть защищены от воздействия окружающей среды, которое вызывает коррозию поверхности конструкций. Степень коррозии металлических конструкций зависит от агрессивности среды, в условиях которой предполагается эксплуатация. Степень агрессивного воздействия среды определяется средней скоростью коррозии (мм/год).

Основным способом борьбы с коррозией металла является создание защитных покрытий – лакокрасочных или металлических.

На заводах металлические конструкции огрунтовывают или окрашивают по грунту. Огрунтовка защищает конструкции на период транспортировки, хранения и монтажа, после чего они окрашиваются на один или два раза. Грунтование и окраску производят после приема конструкций ОТК.

Технологический процесс защиты металлических конструкций лакокрасочным покрытием включает подготовку поверхности металла, огрунтовку и нанесение покрытия.

Подготовку поверхности металлопроката и конструкций, предназначенных для эксплуатации в неагрессивных и слабоагрессивных средах, осуществляют механическим способом с помощью ручного или механизированного инструмента (проволочных щеток, скребков, электрических, пневматических, шлифовальных машин, иглофрез). Жировые пятна, загрязнения удаляют ветошью, смоченной в уайт-спирите.

Поверхность конструкций, эксплуатируемых в средне- и сильноагрессивных средах, очищают механическим способом, применяя сухой абразив. Дробеструйный или дробеметный способ очистки (рис. 2.5, 2.6) используют, как правило, на поточных линиях. В качестве абразива берут дробь 0,5...1,0 мм или металлический песок.

2.3. Правка металлопроката

Металл, поступающий с металлургических заводов, прибывает на заводы металлоконструкций, как правило, недостаточно выправленным: государственными стандартами допускаются определенные деформации на металлопрокате после прокатки.

Высокое качество деталей и конструкций в целом может быть достигнуто, если их изготавливают из листа и профилей, имеющих искривления не более 1...1,5 мм на 1 м длины. Поскольку фактические деформации металла превышают допускаемые нормами [12], на заводах металлоконструкций часть металла приходится править.

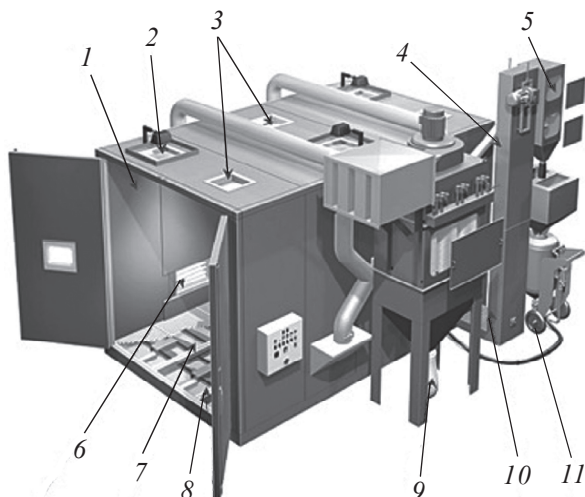


Рис. 2.5. Чистка профилей металлопроката в дробеструйной камере с системой сбора дроби PULSOMATIC:

1 – конструкция (стальные кассеты и внутренние стены, снабженные резиновыми занавесами для высокой износостойкости); 2 – освещение (высокоинтенсивное освещение для оптимальных условий видимости); 3 – канал приточной вентиляции (свежий воздух подается в дробеструйное помещение по встроенным направляющим, исключая истечение дроби и пыли); 4 – элеватор (транспортирует отработанную дробь вертикально к устройству подготовки дроби); 5 – блок рекуперации дроби со встроенным воздушным сепаратором (удаляет пыль и грубые частицы из отработанной дроби); 6 – встроенные камеры вытяжной вентиляции с удалением дроби из воздушного потока; 7 – продольный транспортирующий желоб (для транспортирования дроби к поперечному транспортеру); 8 – приводная станция (для автоматического возвратно-поступательного движения); 9 – фильтровальная установка для вентиляции камеры, очистки воздуха и дроби от пыли; 10 – поперечный транспортирующий желоб (транспортирует дробь к элеватору); 11 – дробеструйный аппарат, оснащенный клапаном-дозатором, смесительной камерой и дробеструйным шлангом с соплом

Необходимо править листовую сталь и детали из листовой стали, имеющие кривизну более 1,5 мм на 1 м; местные погнутости кромок и заломленные кромки; широкополосную (универсальную) сталь и детали из этой стали, имеющие кривизну по плоскости более 1,5 мм на 1 м и саблевидность более 1/1000 длины или более 5 мм; угловую сталь; балки двутавровые; швеллеры; круглые трубы и квадратную сталь при кривизне более 1/1000 длины или более 5 мм (табл. 2.2, 2.3).

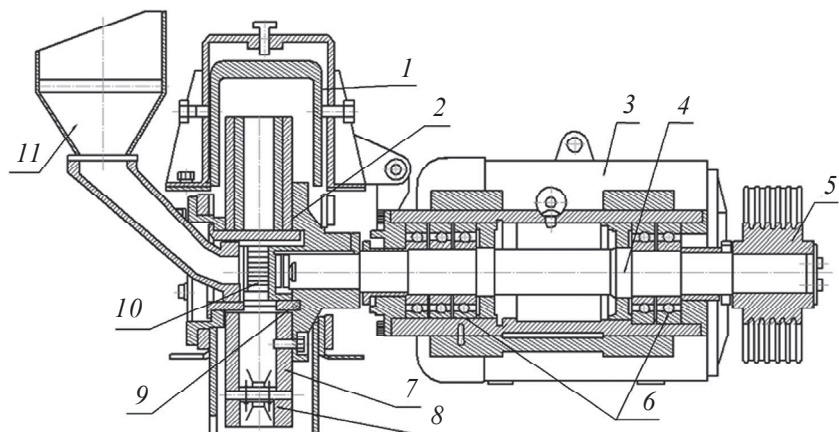


Рис. 2.6. Дробемерный аппарат:

1 – кожух; 2 – ротор; 3 – электродвигатель привода; 4 – вал; 5 – шкив;
 6 – подшипники; 7 – лопасти; 8 – штифт; 9 – окно распределительной коробки;
 10 – распределительная коробка; 11 – загрузочная воронка

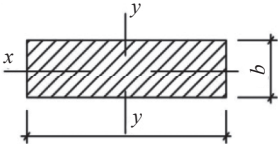
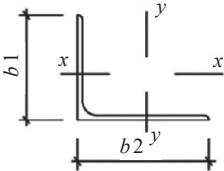
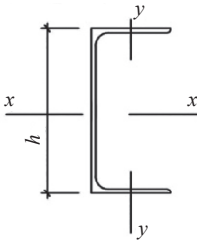
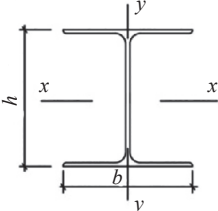
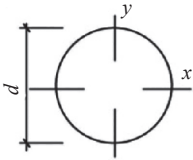
Т а б л и ц а 2.2

Средние нормы правки металлопроката

Сортамент	Таблица	Подлежит правке от поступающего МП, %
Лист	До 2	100
	2...6	90
Профильный МП	Все ходовые профили	15...50
Листовая полоса	До 6	100
	6...12	80
	12...18	50
	18...20	20
	> 20	10

Т а б л и ц а 2.3

**Допускаемые отклонения в металлопрокате,
который подвергается обработке в холодном состоянии**

Эскиз	Относительно оси	Радиус кривизны (ρ)	Стрела прогиба (f)
	$x - x$ $y - y$	50δ —	$L^2/400\delta$ $L^2/800\delta$
	$x - x$ $y - y$	$90b_1$ $90b_2$	$L^2/720b_1$ $L^2/720b_2$
	$x - x$ $y - y$	$50h$ $90b$	$L^2/400h$ $L^2/720b$
	$x - x$ $y - y$	$50h$ $50b$	$L^2/400h$ $L^2/400b$
	—	$60d$	—

При длительном хранении (более 20 суток) очищенный прокат или конструкции покрывают консервирующей грунтовкой. Для конструкций простой конфигурации, где имеются лишь стыковые соединения, возможна очистка химическим способом: обезжиривание в водных щелочных растворах, в органических растворителях, травление в кислотах.

Процесс обезжиривания в щелочных растворах основан на способности их омылять или эмульгировать жиры и масла, которые легко смываются в процессе очистки; в органических растворителях – на способности растворять жировые загрязнения минерального и животного происхождения.

Травление – это процесс очистки металлических конструкций в растворах кислот или щелочей. Кислотное травление допускается при очистке конструкций, не имеющих карманов, зазоров и т. д., в которых скапливаются остатки электролита. Рекомендуется методом травления очищать конструкции, на которые наносятся металлические покрытия (цинковые, алюминиевые). Травление и обработка сухим абразивом обеспечивают вторую степень очистки поверхности металла (ГОСТ 9.025-94).

В отдельных случаях возможно применение термической очистки поверхности конструкции пламенем газовой смеси, состоящей из 50 % кислорода и 50 % горючего газа. При нагреве поверхности металла до 130...160 °С происходит удаление химически связанной воды и окалины или ржавчины; оставшуюся сухую пыль окислов железа удаляют щетками.

Правку металла производят различными способами в зависимости от характера сечения, его размеров, вида и марки металла. Наиболее широко применяют три способа правки: правку изгибом в холодном состоянии, правку растяжением (также в холодном состоянии) и нагрев отдельных участков металла пламенем газовых горелок. Во избежание наклепа металла правку в холодном состоянии допускают, если начальные деформации крайних волокон металла не превышают 1 %. Правят сталь в холодном состоянии на листопрямильных, углопрямильных вальцах и прессах.

Упругопластическое деформирование металла имеет место при правке проката однократным и многократным изгибом на пресах и листопрямительных вальцах. При деформировании проката изгибом вначале в волокнах изгибаемой детали возникают только упругие деформации, затем в крайних волокнах происходят пластические деформации. По мере увеличения кривизны область пластических деформаций увеличивается, однако всегда в районе нейтральной оси остается упругое ядро – волокна, имеющие только упругие деформации. При бесконечно малом радиусе изгиба, что возможно только теоретически, во всех волокнах изгибаемого проката развиваются пластические деформации. Изгибающий момент, соответствующий этой стадии изгиба, называют пластическим.

Максимальный момент при изгибе в упругой стадии в прокате из неупрочняющей стали равен

$$M_y^{\max} = 100\sigma_y W;$$

изгибающий момент

– при пластическом изгибе

$$M_{\text{пл}} = 100R_1\sigma_1 W;$$

– при упругопластической деформации

$$M_{\text{уп}} = 100\sigma_y (k_1 W - W_a);$$

– для профилей из упрочняющегося металла (без площадки текучести)

$$M_{\text{уп}} = 100\sigma_{0,2} \left(\frac{E_1}{\sigma_{0,2}} \cdot \frac{h}{2R_m} \right) W - 100\sigma_{0,2} W_a,$$

где σ_y – предел текучести, МПа; W – упругий момент сопротивления, см³; R_1 – коэффициент, являющийся отношением момента сопротивления при пластическом изгибе к моменту сопротивления при упругом изгибе; $\sigma_{0,2}$ – условный предел текучести стали; R_m – радиус изгиба проката в толщине, см; W_a – момент сопротивления упругого ядра сечения, см³; E_1 – модуль упрочнения стали; h – высота сечения изгибаемого проката, см.

Значения σ_y ($\sigma_{0,2}$) сталей приведены в табл. 1.4.

Значения R_1 для некоторых профилей:

прямоугольник	1,50
квадрат	1,50
круг	1,70
труба	1,28
двутавр:	
– в плоскости стенки	1,16
– в плоскости полок	1,70
швеллер:	
– в плоскости стенки	1,18
– в плоскости полок	2,20

При разработке технологических процессов, связанных с правкой проката и заготовок, к числу наиболее важных вопросов принадлежат определение технологических возможностей имеющегося на заводе оборудования; выбор машины, наилучшим образом отвечающей поставленным задачам; настройка машин для выполнения операции. В паспорте листоправных вальцов указаны размеры сечения листовой стали b и h (мм), на правку которой рассчитаны вальцы, и предел ее текучести σ_1 (МПа). Используя эти данные, можем определить изгибающий момент $M_{пл}^0$, который могут создать данные вальцы в выправляемом металле. Затем определяем изгибающий момент $M_{пл}^3$ (з – заготовка) для конкретного листа, подлежащего правке:

$$M_{пл}^3 \leq M_{пл}^0.$$

В отдельных случаях при правке листовой стали больших толщин давление валков машины может быть настолько большим, что будет вызывать смятие поверхности листа. При правке стали высокой прочности возможно смятие материала вала. Все это ограничивает толщину выправляемого листа:

$$h_{\max} = 4,8 \sigma_y^H \sqrt{\frac{t R_B}{\sigma_y E}},$$

где σ_y^H – наименьший из двух предел текучести для выправляемого листа и валков машины, МПа; σ_y – расчетный предел текучести для выправляемого листа, МПа; t – шаг валков машины, мм; R_b – радиус валков машины, мм; E – модуль упругости материала, МПа.

В листоправильных вальцах сближение верхнего ряда валков с нижним ограничено, поэтому в определенных случаях при попытке правки тонкого листа обнаруживается, что вальцы деформируют его недостаточно и правки не происходит.

Минимальную толщину листа, который может быть выправлен в заданной листоправильной машине, по условию развития необходимых пластических деформаций определяют по формуле

$$h_{\min} = \frac{t^2}{R_b} \left(0,01 + \frac{\sigma_y + E_1 (0,01 - \sigma_y / E)}{E - E_1} \right),$$

где E_1 – модуль упрочнения строительной стали, МПа.

Точность, с которой выполнена правка металла, проверяется стальной линейкой, которую прикладывают к поверхности листа. Искривление профиля определяют натянутым шнуром.

Правка листового металлопроката на листоправильных вальцах. С целью удаления имеющихся дефектов листы проката пропускают между верхним и нижним рядами валков. Правка осуществляется путем многократного изгиба листа между вальцами, в результате чего в части сечения листа возникают пластические необратимые напряжения, знак которых в ходе движения листа многократно меняется. Схема правки листа на листоправильных машинах представлена на рис. 2.7.

Валковые листоправильные вальцы делятся на три основные группы (рис. 2.8).

По числу валков листоправильные вальцы могут быть пяти-, семи-, девяти-, одиннадцати- и тринадцативалковые. Для правки листов большой толщины ($t > 18$ мм) могут применяться машины с дополнительными опорными валками (рис. 2.9).

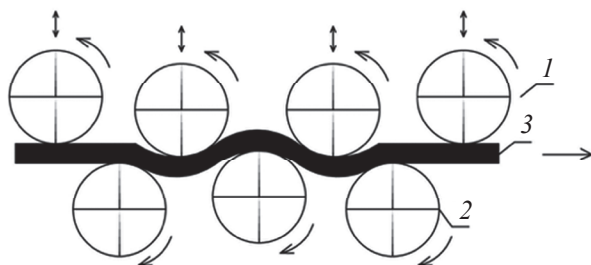
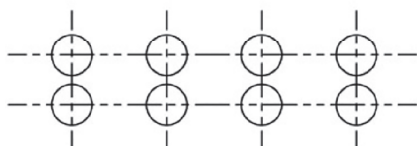


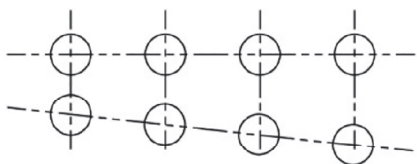
Рис. 2.7. Схема правки листа на листоправильных вальцах:

1 – валки машины, имеющие электропривод и вертикальное перемещение;

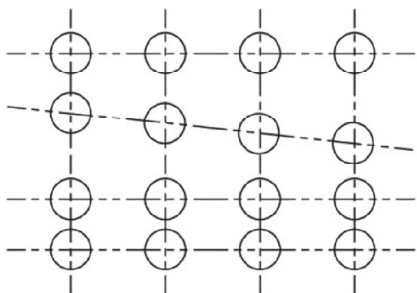
2 – валки без привода; 3 – выправляемый лист



а



б



в

Рис. 2.8. Схемы расположения валков в листоправильных вальцах:

а – с параллельными рядами валков; *б* – с наклонными рядами валков;

в – со смешанным расположением валков

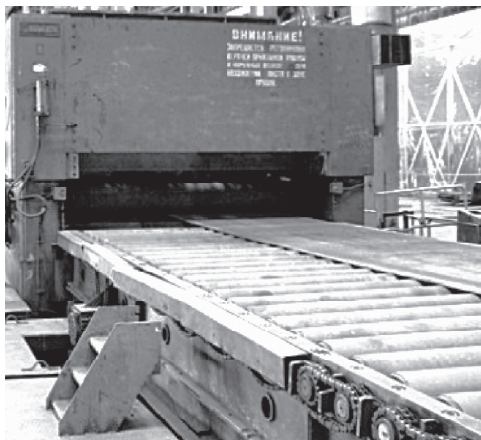


Рис. 2.9. Листоправильные вальцы с подающими рольгангами

Конструктивные особенности листоправильных машин (вальцов):

- возможное число валков 5, 7, 9, 11, 13;
- в нижнем, неподвижном ряду каждый валок имеет собственный привод, который приводит их во вращение;
- валки верхних рядов подвижные и вращаются за счет сил трения;
- верхний ряд валков подвижен в вертикальной плоскости, перемещение его осуществляется оператором;
- зазор между валками (h) должен быть меньше толщины (δ) выпрямляемого листа.

Правка уголков. Правка уголков осуществляется на углоправильной машине, рабочим органом которой являются два ряда правильных дисков (рис. 2.10).

Выправляемые уголки подаются к правильной машине дисковыми рольгангами. Кинематическая схема углоправильной машины подобна листоправильным вальцам. Физический смысл правки уголков также заключается в многократном изгибе уголка, в результате чего в его сечениях отмечаются знакопеременные напряжения. На рис. 2.11 показан общий вид механизированных столов углоправильных вальцов.

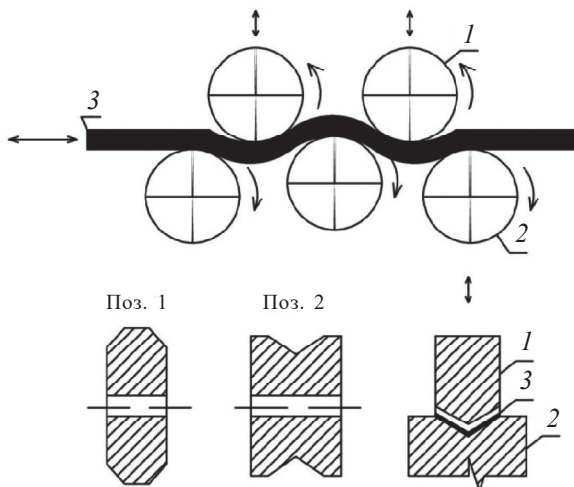


Рис. 2.10. Схема правки уголка и рабочие органы машины:
1 – верхний диск; 2 – нижний диск; 3 – выпрямляемый уголок

Правка профильного металлопроката. Правку профилей, обладающих повышенной изгибной жесткостью (швеллеры, двутавры, трубы и т. д.), производят на горизонтальных гибочных машинах с механическим или гидравлическим приводом – кулачковых прессах (рис. 2.12, 2.13).

Правка профилей растяжением. Правка МП осуществляется на растяжных правильных машинах.

Физический смысл правки заключается в том, что в сечении выправляемого профиля, подверженного центральному растяжению, создаются пластические необратимые деформации.

Огневая правка металлопроката. Огневая правка МП основана на расширении металла при местном его нагреве газовыми горелками с последующим остыванием. Нагрев металла производится по особой схеме (рис. 2.14).

При нагреве треугольника с основанием 100 мм металлопрокат дает усадку. Нагрев контролируют с помощью термочувствительного карандаша с использованием таблицы цветов.

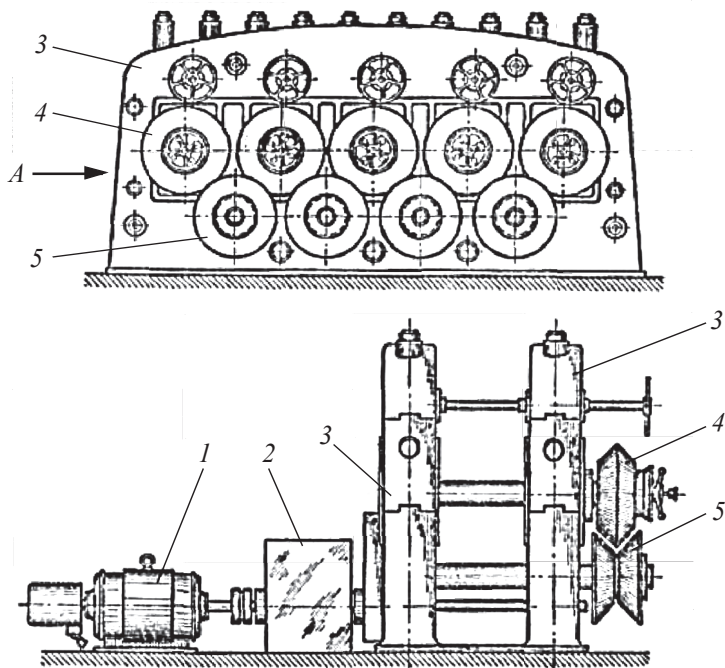


Рис. 2.11. Провка детали с помощью углоправильной машины Wagner, для которой наибольший размер обрабатываемого уголка 150×20 мм:

1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – литые рамы; 4 – верхние ролики;
5 – нижние приводные ролики

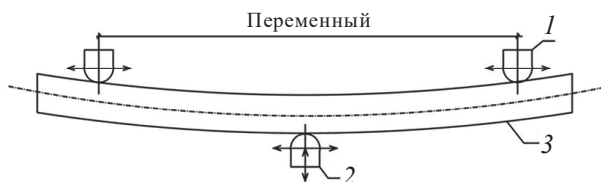


Рис. 2.12. Схема правки профилей:

1 – кулачки; 2 – подвижной кулачок; 3 – выправляемый профиль

При толщине профиля до 6 мм нагрев доводят до 450°C , при толщине 12 мм и более – до $800...850^\circ\text{C}$. Данный способ правки малопроизводителен и требует высокой квалификации исполнителя.

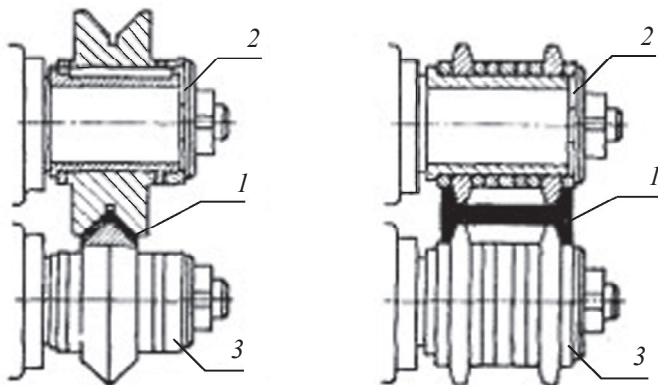


Рис. 2.13. Конструкция правильных роликов для профильного проката:
1 – выправляемый МП; 2 – верхние ролики с приводом; 3 – нижние ролики

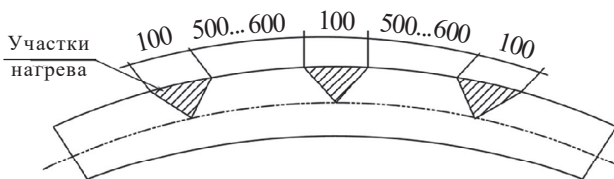


Рис. 2.14. Схема правки листа нагревом

2.4. Разметка и наметка деталей

Для изготовления деталей конструкций необходимо до выполнения технологических операций по обработке металла нанести на обрабатываемую деталь в натуральную величину контуры реза, оси и центры отверстий, тип и размеры фасок. Операция переноса необходимых для производства детали размеров с чертежа на образцовый экземпляр (металлопрокат) или на специальное приспособление называется разметкой.

Размеченная в натуральную величину образцовая деталь или приспособление, по которому обрабатываются остальные однотипные (рядовые) детали, называется шаблоном. Перенос размеров с шаблона на рядовые детали называется наметкой.

При изготовлении шаблонов и разметке деталей непосредственно на металле разметчик должен предусматривать указанные в технологии необходимые технологические припуски на резку, строжку, фрезеровку, усадку после сварки и т. д.

Припуск на сварку поясных швов – 0,1 м на 1 м каждого шва для толщины до 25 мм и 0,05 мм – для толщины свыше 25 мм; на сварку листов встык – 1 мм с накладками 0,5 мм на каждый стык; на приварку ребер жесткости – 1 мм на пару ребер для толщины до 25 мм и 0,5 мм для толщины свыше 25 мм; на сварку узла фермы – 0,5...0,75 мм на узел; на строжку кромок листа – 2...5 мм на кромку; на строжку плоскости плиты – до 5 мм на одну плоскость; на фрезеровку торцов – 5...6 мм на торец; на кислородную резку – 2...5 мм на один рез в зависимости от толщины.

Все операции по разметке и наметке выполняют только на хорошо выправленном металле. Разметчик всесторонне знакомится с чертежом отправочной марки, детали которой ему нужно разметить, и устанавливает последовательность работы.

Разметку начинают с наиболее крупных и узловых деталей, например, в подкрановых балках – с вертикального листа, в фермах – с крупных узловых фасонки. На каждом шаблоне после окончания его разметки должны быть нанесены следующие надписи: номер заказа, номер рабочего чертежа, сборочная марка детали с указанием «так» и «наоборот», количество деталей, диаметр отверстий и марка металла, номер акта металла.

Точность наметки должна выдерживаться в следующих пределах:

1. Расстояние между намеченными центрами смежных отверстий на одной риске не должно отличаться от проектного более чем на +0,5 мм.

2. Расстояние между центрами крайних отверстий должно быть выдержано с допуском +1,0 мм.

3. Отклонение центра отверстий от оси риски в поперечном направлении не должно быть более 1,0 мм в каждую сторону.

4. Расстояние между рисками допускается с отклонением не более +0,5 мм против проектного.

5. Длина и ширина намеченной детали не должны отличаться от шаблона более чем на $+2,0$ мм.

Наметка листовых деталей производится следующим образом: шаблон накладывают на обрабатываемый металл и плотно прижимают. Затем центровым кернером соответствующего диаметра набиваются центры всех отверстий, имеющихся на шаблоне, а контур детали очерчивается чертилкой или мелом; шаблон удаляется, после чего слесарным кернером набивают по линии реза керны на расстоянии $200 \dots 300$ мм друг от друга. Центры отверстий углубляются слесарным кернером, а на части отверстий при помощи контрольного кернера набиваются окружности, которые служат для проверки качества, образования отверстий. На намеченной детали выбиваются номера заказа, чертежа, детали, плавки металла и диаметр отверстий.

2.5. Механическая резка

Резка листового МП производится механическим способом на гильотинных ножницах, пресс-ножницах и пилах. Различают резку по размеру и по упору.

Процесс резки на ножницах состоит в скалывании металла по линии реза. Происходит это следующим образом (рис. 2.15): разрезаемый металл помещают между нижним неподвижным и верхним подвижным ножами и продвигают по столу ножниц до упора или до линии разметки.

При включении механизма движения верхний нож опускается, начинает давить на металл и прижимает его к нижнему ножу. Рабочие кромки ножей сминают при этом поверхностные слои металла и проникают в его толщу на $(0,2 \dots 0,5) \cdot h$, вследствие чего площадь среза уменьшается, напряжение в металле постепенно увеличивается и появляются скалывающие трещины; когда давление становится больше сопротивления срезу, происходит скалывание металла.

Для того чтобы обрабатываемый металл был прочно закреплен (иначе произойдет заклинивание и поломка ножей), его прижимают к станине прижимом. Величина зазора между ножами выбирается

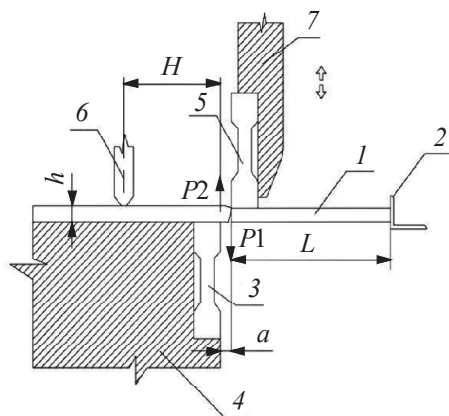


Рис. 2.15. Схема резки листовой стали:

1 – листовая сталь; 2 – упор; 3 – нижний нож; 4 – стол; 5 – верхний нож;
6 – прижим; 7 – механизм движения

такой, чтобы верхний нож в рабочем движении не задел нижний; кроме того, она зависит от толщины разрезаемого металла. Рекомендуемые зазоры ножей при толщине листов, мм:

	До 4	5...10	12...25	25...40
Величина зазора, мм	0,30	0,35...0,65	0,90...0,75	0,80...2,2
Величина угла створа, град.	0,20	0,40	0,40...1,50	3...5

На рис. 2.16 приведены схемы резки листовой стали различными способами и с использованием различных машин.

Перечень машин механической резки листового проката приведен в прил. 1. Вариант движения гильотинных ножниц – см. рис. 2.17.

При разрезании на пресс-ножницах (режущие кромки ножей параллельны) происходит одновременное скалывание проката на всю длину ножа. Усилие, необходимое для резки любого профиля (полосы листовой или угловой стали),

$$P_p = m_1 \sigma_s A,$$

где A – площадь сечения разрезаемого профиля, мм²; σ_s – временное сопротивление металла срезу, МПа (табл. 2.4); m_1 – коэффициент, учитывающий ряд особенностей процесса, равный 1,1.

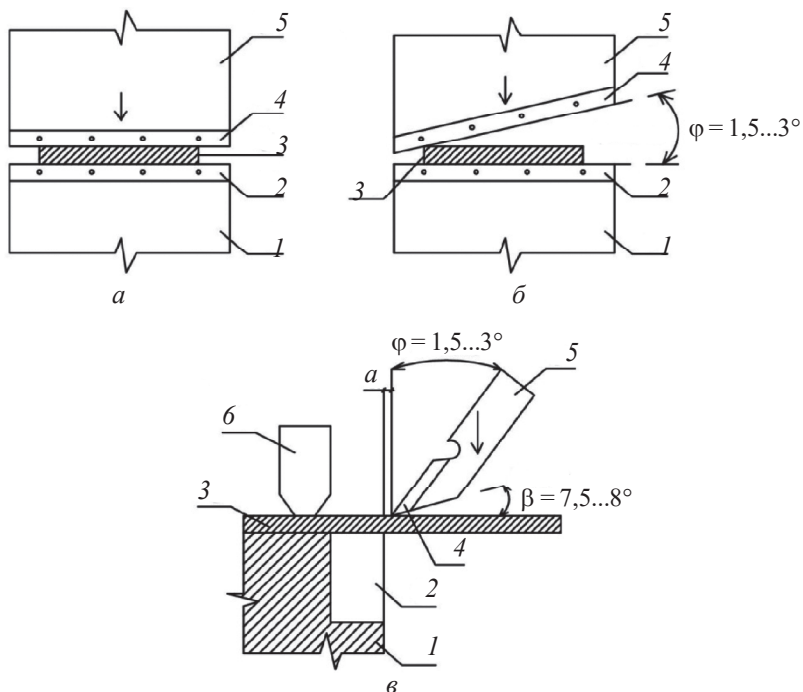


Рис. 2.16. Схемы разрезки листовой стали:

а – пресс-ножницами; *б* – гильотинными ножницами; *в* – пресс-ножницами с наклонным ножом; 1 – стол; 2 – нижний нож; 3 – разрезаемый лист; 4 – верхний нож; 5 – ножовая балка; 6 – прижим

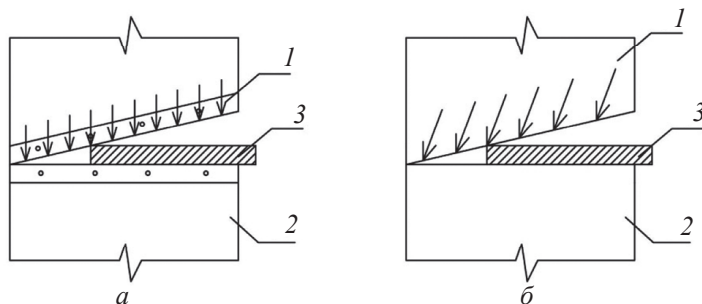


Рис. 2.17. Вариант движения гильотинных ножниц:

а – простое вертикальное движение; *б* – движение с тянущим резом; 1 – верхний нож; 2 – нижний нож; 3 – разрезаемый лист

Расчетное значение P_p не должно превышать усилие, которое могут создать пресс-ножницы.

Т а б л и ц а 2.4

Механические характеристики стали

Марка стали	σ_s^k , МПа	σ_s , МПа
ВСт3, Ст3 Мост, М16С	320	400
09Г2, 09Г2С	370	460
14Г2, 10Г2С1, 15ХСНД	390	555
10ХСНД	440	580
16Г2АФ, 15Г2СФ	510	630
12Г2СМФ, 14Х2ГМР	600	825
15ХГ20МФР	720	1000

Примечания: 1. σ_s^k – временное сопротивление стали срезу, соответствующее временному сопротивлению стали при растяжении по классификации прочности ($\sigma_s^k = 0,85\sigma_u^k$).

2. σ_s – расчетное сопротивление срезу, равное $(\sigma_s^k + 2\sigma)$.

Расчетное значение P_p должно быть меньше усилия, создаваемого гильотинными ножницами и указанного в паспорте машины.

Чтобы опуститься вниз на точку a_1 , верхнему подвижному ножу необходимо преодолеть сопротивление срезу – заштрихованную площадь поперечного сечения металлического листа (рис. 2.18, поз. 1). Для этого к верхнему ножу следует приложить усилие P . Расстояние $a - a_1$ равно толщине листа t . При этом площадь заштрихованного параллелепипеда будет равна $A = lt$. Необходимое для разрезания усилие P будет равно

$$P_p = m_2 \sigma_s A = m_2 \sigma_s l t = \frac{m_2 \sigma_s t^2}{\operatorname{tg} \varphi},$$

где m_2 – коэффициент, учитывающий особенности технологического процесса, равный 0,55; σ_s – временное сопротивление срезу стали, МПа (табл. 2.4); t – толщина разрезаемого листа, мм; φ – угол наклона верхнего подвижного ножа, град. ($\varphi = 1,5 \dots 3$).

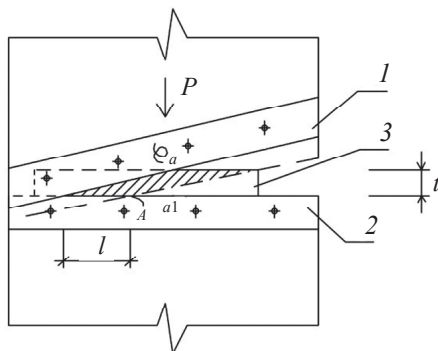


Рис. 2.18. Расчетная схема резания листа
на гильотинных ножницах:

1 – верхний подвижный нож; 2 – нижний неподвижный нож;
3 – разрезаемый лист

В последнее время используется новая формула, в которой раздельно учитываются усилия, затрачиваемые непосредственно на срез металла и изгиб отрезаемой заготовки. Кроме того, формула более полно учитывает влияние на усилие разрезания пластичности металла:

$$P_p = 0,6k\sigma_u\delta_5 \frac{h^2}{\operatorname{tg} \varphi} \left(1 + \frac{1}{1 + 10\delta_5 / (\sigma_u y^2 x)} + z \frac{\operatorname{tg} \varphi}{0,6\delta_5} \right),$$

где k – коэффициент, зависящий от толщины разрезаемого металла (при толщине 4...10 мм $k = 1,20$; при 12...20 мм $k = 1,15$; при 22...32 мм $k = 1,10$) и состояния режущих кромок ножей; σ_u – расчетное временное сопротивление стали разрыву, МПа; δ_5 – относительное удлинение стали в долях от 100 %; h – толщина металла, мм; φ – угол створа ножей, град; $x = H/h$, где H – расстояние между режущей кромкой нижнего ножа и центром прижима:

h , мм	3	4	6	10	12	16	20	25	32
H , мм		65			70			90	
x	21,7	16,2	10,8	7	5,8	4,4	4,5	3,6	2,8

y – величина относительного зазора между ножами, т. е. отношение a к толщине разрезаемого металла:

h , мм	3	4	6	8	10	12	16	20	25	32
a , мм	0,200	0,300	0,45	0,55	0,65	0,90	1,10	1,40	1,75	2,20
y	0,068	0,075	0,075	0,065	0,065	0,075	0,069	0,07	0,07	0,07

При правильно установленных зазорах между ножами значение y можно принимать равным 0,07, а y^2 – равным 0,0049.

Общий вид гильотинных ножниц представлен на рис. 2.19.

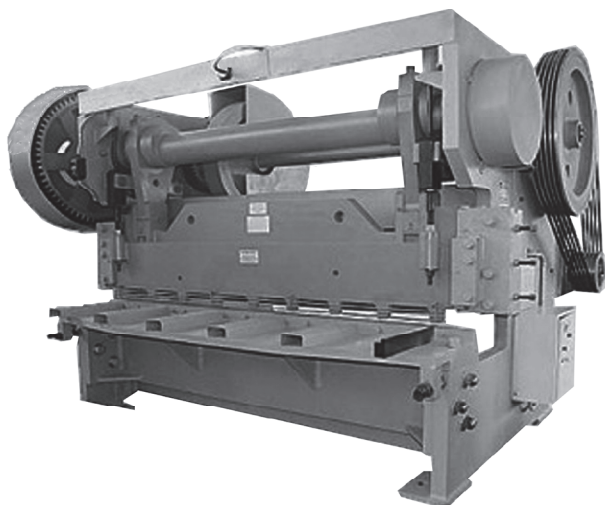


Рис. 2.19. Гильотинные ножницы марки НБ-478

Резка профильного металлопроката. Механическую резку прокатных и гнутых уголков производят на комбинированных пресс-ножницах различных модификаций (прил. 1), использование которых, позволяет выполнять ряд операций: резку, гнутье, образование отверстий и др.

На рис. 2.20 показан механизм резки уголка наклонным ножом.

Резку швеллеров и двутавров производят на специальных ножницах или комбинированных пресс-ножницах (прил. 1). Метод резки основан на последовательном скалывании (рис. 2.21).

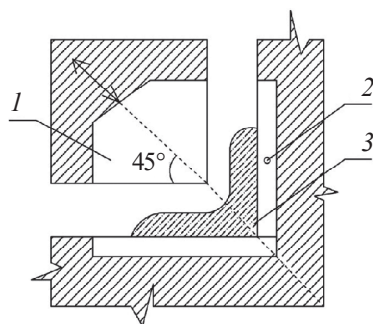


Рис. 2.20. Рабочий орган резки уголка
комбинированных пресс-ножниц Н1434:

1, 2 – верхний и нижний ножи; 3 – разрезаемый уголок

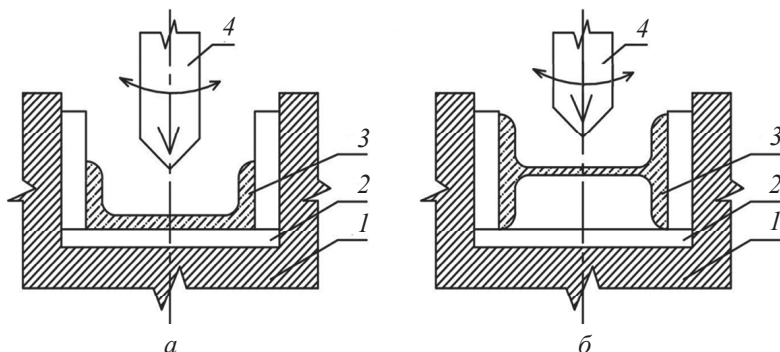


Рис. 2.21. Схемы механической резки профильного проката
на пресс-ножницах Н1726:

а – швеллеров; б – двутавров; 1 – станина; 2 – неподвижные ножи; 3 – швеллер,
двутавр; 4 – верхний подвижный нож

Резка профильного проката пилами. При повышенных требованиях к точности резки и качеству резов рекомендуется применять резку дисковыми или ленточными пилами. Могут применяться как зубчатые, так и гладкие диски. Процесс резки основан на снятии стружки (строгании). Поверхность реза, как правило, не требует дополнительной обработки. Применяют дисковые пилы диаметром 500...700 мм, которые оснащены вставными резцами. В дисках диаметром менее 500 мм зубья фрезеруются в диске.

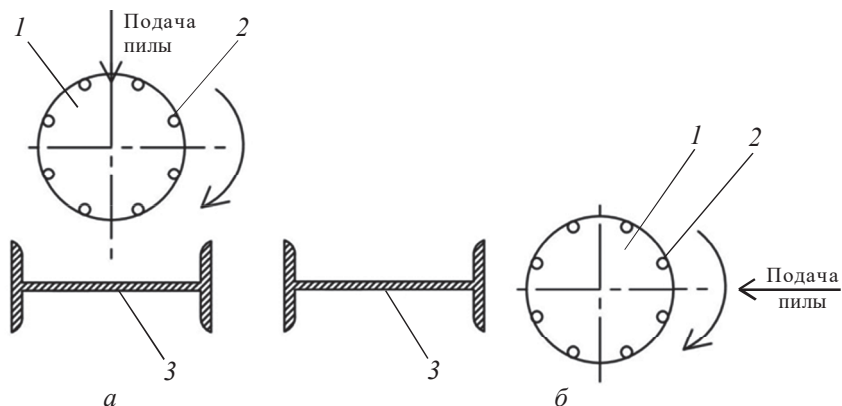


Рис. 2.22. Схемы резки пилами:

1 – планшайба; 2 – резцы; 3 – обрабатываемый металлопрокат

Механическую резку труб диаметром менее 700 мм осуществляют дисковыми пилами, большего диаметра – огневой резкой.

При изготовлении конструкций с повышенной точностью и качеством резку профильной стали, круглого проката и труб производят дисковыми пилами (рис. 2.22). Дисковые зубчатые пилы дают хорошее качество реза. Плоскость реза не требует дополнительной обработки.

2.6. Кислородно-газовая резка

Наряду с механической резкой основным и ведущим способом современной резки деталей строительных конструкций является кислородно-газовая резка, обладающая рядом преимуществ. Так, кислородно-газовая резка деталей практически любой толщины и формы, одновременно происходящие разделительная резка и подготовка кромок под сварку значительно повышают производительность труда по сравнению с механической резкой и строжкой кромок.

Все заводы металлоконструкций оснащены установками для кислородной резки стали толщиной до 250...300 мм. Особенно эффективна кислородная резка для листовых деталей, так как

в этом случае возможно применение кислородорежущих машин-автоматов или полуавтоматов. Сортной и балочный металлопрокат часто разрезают вручную, хотя уже существуют технические разработки автоматов продольного зигзагообразного реза и любой поперечной резки профилей.

Процесс кислородной резки заключается в сжигании стали в струе кислорода и состоит из следующих стадий: подогрева металла до температуры воспламенения в кислороде; сжигания металла в струе кислорода; выдувания продуктов горения (окислов-шлаков) из полости реза.

Основным критерием качества кислородной резки является отсутствие трещин на кромках образуемых деталей. Трещин на кромках можно избежать, обеспечив соответствующую скорость их охлаждения после нагрева, возникающего при резке. Благоприятный режим охлаждения определяется по эквиваленту углерода:

$$C_{\text{э}} = C + 0,16\text{Mn} + 0,3 \cdot (\text{Si} + \text{Mo}) + 0,4\text{Cr} + 0,2\text{V} + 0,04 \cdot (\text{Ni} + \text{Cu}).$$

В данную формулу на место символов химических элементов следует поставить фактическое их содержание в стали (%) и вычислить значение многочлена. Значение $C_{\text{э}}$ и определяет условия резки (режим охлаждения).

При $C_{\text{э}} \leq 0,6$ резка может производиться в любых производственных условиях без технологических ограничений.

При $0,6 < C_{\text{э}} \leq 0,8$ резка без подогрева может производиться только при температуре окружающего воздуха не ниже $+15^{\circ}\text{C}$; при более низкой температуре необходим подогрев зоны реза до $+120^{\circ}\text{C}$; при $C_{\text{э}} > 0,8$ резку можно производить только после нагрева зоны реза до 120°C независимо от температуры окружающего воздуха.

Вследствие местного подогрева в районе реза стали происходят структурные изменения. Общая зона изменения структуры и химического состава имеет значительную глубину, которую можно определить по эмпирической формуле

$$a = 0,65 + 0,03 \cdot h,$$

где a – глубина зоны изменения структуры и химического состава, мм; h – толщина вырезаемой детали, мм.

Т а б л и ц а 2.5

Значение коэффициента качества кромки деталей

Класс качества	Вид резки	Состояние поверхности реза	Тип вырезаемых деталей	Коэффициент качества
I	Чистовое вырезание фигурных деталей	Отличное без грата	Узловые фасонки тяжелых ферм и подкраново-подстропильных систем	0,7
II	То же деталей прямоугольной формы	Хорошее без грата	Стенки балок под автоматическую сварку. Полки балок в растянутых зонах	0,8
III	Вырезание деталей, не требующих высокого качества	Удовлетворительное с легкоотделимым гратом	Стенки балок под ручную сварку. Полки балок в сжатых зонах	0,9
IV	Вырезание деталей с припуском на механическую обработку	Удовлетворительное с гратом	Кромки деталей для последующего строгания и фрезерования	1,0
V	Заготовительная резка и резка отходов	Не регламентируется	Заготовка для последующего тонкого вырезания	1,2

Главной характеристикой режима кислородной резки является скорость резания металла v_p . При применении в качестве горючего материала ацетилена скорость разрезания может быть определена по формуле

$$v_p = k_k \cdot (1000 - 350 \cdot \lg h) \cdot k_{\text{кч}},$$

где k_k – коэффициент качества кромки деталей (табл. 2.5); $k_{\text{кч}}$ – коэффициент чистоты кислорода:

Чистота кислорода, %	99,8	99,5	99,2	99,0	98,6	98,5	98,4
$k_{кч}$	1,09	1,00	0,94	0,90	0,88	0,84	0,80

При применении пропан-бутановой смеси скорость резания металла, определенную по формуле выше, следует умножать на коэффициент 0,6.

Ширина прорези, образующейся в металле кислородной резкой со стороны пламени, определяется по формуле

$$b = 2 + 0,03 \cdot h.$$

С обратной стороны ширина прорези увеличивается примерно на 10...30 %.

Давление режущего кислорода определяется по эмпирической формуле

$$P = (0,71 + 2/h)\sqrt{h}.$$

Расстояние мундштука от поверхности разреза (мм) определяется по формуле

$$a = 2 + 0,015 \cdot h.$$

Нормальный расход кислорода

$$Q_k = 1,07 \cdot (Q_{рк} + Q_{пк}),$$

где $Q_{рк}$ – расход режущего кислорода, л/м; 1,07 – коэффициент, учитывающий различные потери кислорода (регулировку, переходы от одного реза к другому, остатки кислорода в баллонах, утечки); $Q_{пк}$ – расход подогревающего кислорода, л/м;

$$Q_{рк} = (2,7 + 3,4/h)bh,$$

где b – ширина прорези, мм;

$$Q_{пк} = 1,2 \cdot Q_a,$$

где Q_a – расход ацетилена, л/м,

$$Q_a = (86 + 250/h)\sqrt{h}.$$

Кислородная резка производится разными резаками и полуавтоматами по разметке, автоматами – по отдельным копирным

щитам, машинами с фотокопировальными устройствами и машинами с программным управлением. Резка по отдельным копирам и копирным щитам отличается высокой точностью и производительностью, но изготовление копиров весьма трудоемко, сложно и дорого. Копиры создают некоторые неудобства в производстве, так как требуют дополнительных площадей для их хранения.

Дальнейшая механизация газорезательных работ возможна при использовании более совершенных машин с фотокопировальным устройством и машин с программным управлением.

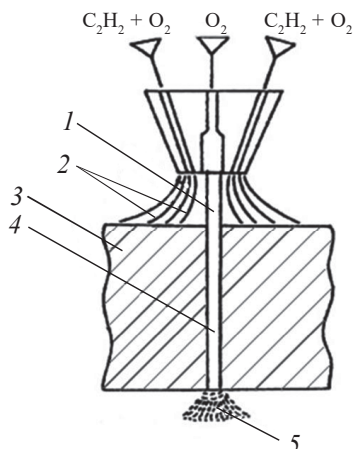


Рис. 2.23. Процесс кислородно-газовой резки:

1 — струя кислорода; 2 — подогревающее пламя; 3 — разрезаемый металл;
4 — зона реза; 5 — окислы железа

2.7. Плазменная резка стали

Плазменная резка — это термическая резка электрической дугой, столб которой сжат с помощью сопла горелки, потока газа или внешним электромагнитным полем. За счет высокой концентрации тепловой энергии плазменная резка обеспечивает более высокое качество вырезаемых заготовок и большую производительность, чем другие виды резки.

Оборудование для плазменной резки состоит из плазмотрона (рис. 2.24), источника питания электрической дуги, блока управления процессом, газового хозяйства системы охлаждения, механизма перемещения плазмотрона вдоль линии реза.

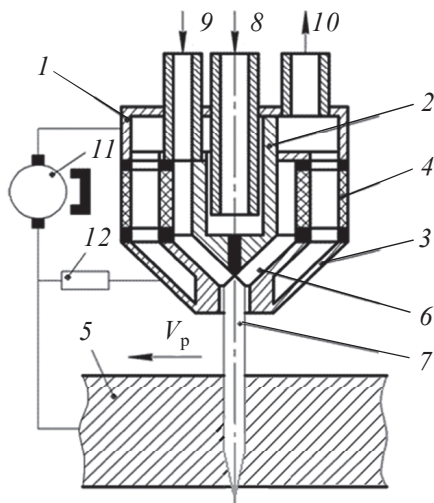


Рис. 2.24. Режущий плазмотрон:

1 – корпус; 2 – электрод (катод); 3 – формирующий наконечник; 4 – изолятор; 5 – разрезаемый металл; 6 – дуговая камера; 7 – столб дуги; 8 – подача охлаждающей воды; 9 – подача плазмобразующего газа; 10 – слив воды; 11 – источник тока; 12 – устройство зажигания дуги; V_p – направление резки

Плазмотрон состоит из двух основных узлов – электронного и соплового. Плазмобразующий газ состоит из нейтрального газа (аргон 65...80 %), водорода (35...20 %).

Дугообразующий элемент плазмотрона – неплавящийся вольфрамовый электрод (ВТ-10 или ВТ-15) диаметром 3 мм. Принцип плазменной резки: между вольфрамовым электродом и разрезаемым металлопрокатом возбуждают дугу, которая сильно сжимается конической струей нейтрального газа, в результате чего температура дуги повышается до 10–15 тыс. град. Дуга быстро расплавляет металл на небольшом участке.

С помощью плазменной резки обрабатывают алюминиевые сплавы, чугун, нержавеющую сталь, т. е. те металлы, у которых температура воспламенения выше температуры плавления.

Плазменная резка позволяет производить резку проката толщиной от 16 до 65 мм. Различают поверхностную и разделительную плазменную резку. Существующую плазменную резку выполняют плазменной струей или плазменной дугой.

Первый способ резки определяется тем, что при резке изделие не включается в электрическую цепь. Электрическая дуга возбуждается между двумя элементами – вольфрамовым электродом и соплом (рис. 2.25).

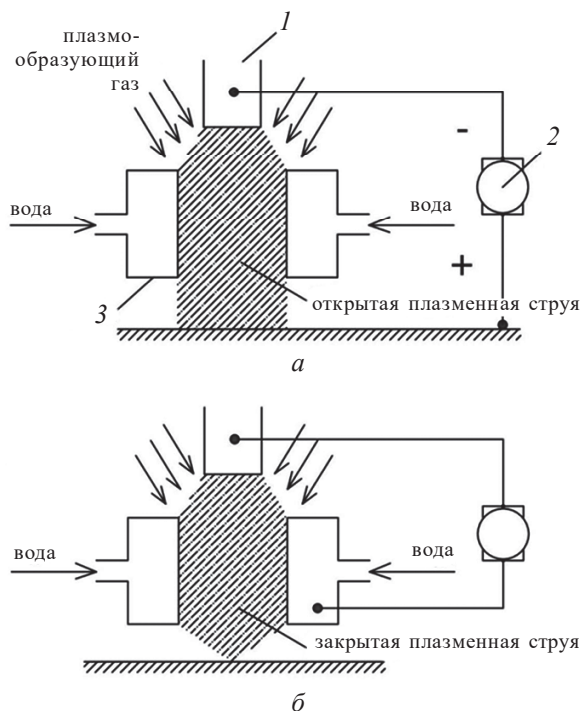


Рис. 2.25. Способы плазменной резки:

а – плазменной дугой; б – плазменной струей:

1 – электрод; 2 – источник питания; 3 – сопло горелки

В качестве газа используют азот, аргон, водород, кислород. Иногда при резке чугуна, углеродистых и низколегированных сталей в качестве режущего газа используют кислород. При этом расплавленное железо и окислы отличаются пониженной вязкостью и хорошо выдуваются из области реза. Вместо кислорода используют также воздух, который существенно влияет на срок службы сопел, электродов, повышает содержание азота в металле по границе реза.

Резка цветных металлов и сплавов осуществляется с применением неактивных газов (аргон, азот, водород).

Преимущества плазменной резки:

- высокая производительность;
- резка всех видов металла и их сплавов;
- возможность обработки кромок;
- возможность образования отверстий любого диаметра;
- низкая шероховатость поверхности реза;
- минимальный нагрев металла в области реза;
- оптимальная стоимость резки металла толщиной от 12 до 65 мм;
- возможность вырезания деталей любой конфигурации.

Аппарат плазменной резки выпускают двух типов – инвенторные и трансформаторные.

Инвенторные плазматроны отличаются компактностью, малым весом, небольшим потреблением энергии. Недостатком инвенторных установок являются малая мощность и чувствительность к перепадам напряжения тока.

Современные плазменные установки (рис. 2.26):

- ПКESAB Suprarex с опцией 3D-резки;
- Мультиплаз, PLAZMABox, PBMax, PS, ESAB SUPRAREX SXE, PLASMA VBAGlobal Pro;
- Bystar 3015 (Швейцария), CuprAl Bridge Monograph (Япония), LINEACORD «PCL40» (Италия), Сварог;
- Hypertherm; CyberCut 1560 (Россия), CP91DAR, Aurora PRO; Rezhemmetall; TD-300; HPR-260 XD (Россия); УИР-1210-2, Genesis-90.

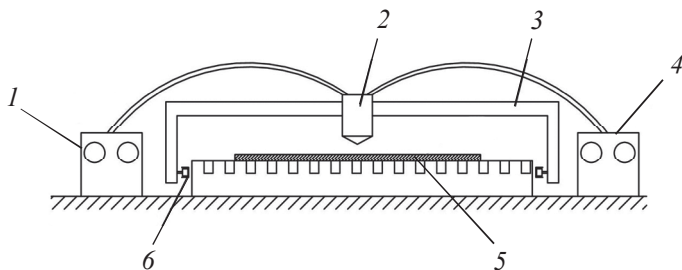


Рис. 2.26. Плазменная установка портального типа:

1 – энергообеспечивающее устройство; 2 – плазмотрон; 3 – портал; 4 – газообеспечивающее устройство; 5 – деталь; 6 – направляющие портала

2.8. Лазерная резка

Новым высокоточным способом резки материалов является лазерная резка. Физический смысл: под воздействием электрического разряда молекулы CO_2 возбуждаются и во время изменений колебательных уровней их энергий возникает излучение в крайней инфракрасной области спектра электромагнитных волн длиной 10,6 мкм.

Введение молекул N_2 вызывает резонанс энергии молекул двух типов (N_2 и CO_2) с соответствующим увеличением мощности примерно в 4 раза.

Добавление молекул He к смеси CO_2 и N_2 содействует поддержанию благоприятного распределения энергии уровней (т. е. преобладанию атомов, находящихся на верхнем энергетическом уровне). Высокая теплоемкость гелия способствует интенсификации охлаждения газовой смеси к дальнейшему увеличению выходной мощности.

Индукцированное излучение преобразуется в резонаторе в световые лучи, часть из которых выходит через систему зеркал из трубы, образуя излучение с полезной выходной мощностью. Оставшаяся часть лучей отражается в трубку, обеспечивая обратную связь, необходимую для механизма лазера.

Состав газов: 1 часть – CO_2 , 1 часть – N_2 и 10 частей He.

Мощность лазера на 1 м трубы резонатора 40–80 Вт/м. Для резки используют резонаторы $l = 4$ м и более. Труба разделяется на секции, расположенные параллельно и связанные между собой оптически последовательно.

При резке неметаллических материалов используется не кислород, а воздух.

Дальнейшее усовершенствование лазеров основано на принципе подачи струи кислорода коаксиально к лазерному лучу. Струи кислорода окисляют часть нагретого лазером металла реза с удалением окислов и выдуванием продуктов резки из зоны реза.

При окислении выделяется дополнительное тепло, которое снижает вязкость образующихся окислов и поддерживает непрерывность процесса резки. Кроме того, окисленная струей кислорода нагретая поверхность изделия способствует поглощению металлом лучистой энергии и повышению эффективности нагрева.

Чистые металлы поглощают только 2–6 % лучистой энергии, а окислы металлов – почти 100 %.

Важнейшей энергетической характеристикой лазерного луча является количество энергии, полезно использованной для резки. Эта величина зависит от отражательной способности поверхности обрабатываемого металла. Ряд металлов (алюминий, медь и др.) отражают почти 97...99 % энергии излучения, поэтому не могут подвергаться обычно лазерной резке.

Достоинства лазерной резки:

- высокая точность и скорость резки;
- отсутствие или минимальные отходы;
- возможность изготовления деталей любой сложности;
- отсутствие механических воздействий;
- высокое качество поверхности резаного края;
- единый цикл изготовления деталей.

В отечественной практике резки металлов используют лазерные установки Bystronic BySprint Fiber (Швейцария); Trulaser 7040, Trulaser 8000 (Германия) и др.

2.9. Гидроабразивная резка

Уникальной альтернативой кислородно-газовой, плазменной и лазерной резки является гидроабразивная резка (ГАР), отличающаяся безотходностью, высокой скоростью резания, экономичностью, точностью раскроя, чистотой поверхности реза. Отсутствует термическое влияние резки на обрабатываемый металл (отсутствуют зоны закалки). Резка происходит под напором водной среды, подаваемой под сверхмощным давлением (6200 атм), и абразива (гранатовый песок). Вода ускоряется до трехкратной звуковой скорости, фокусируется в тонкую струйку и пропускается через рубиновые, сапфировые или алмазные сопла диаметром до 0,1 мм.

К недостаткам гидроабразивной резки следует отнести мокрый характер процесса, необходимость устройства очистки воды, быстрый износ деталей установки.

Гидроабразивным способом можно резать все виды металла и их сплавов при толщине деталей до 500 мм. Схема установки гидроабразивной резки приведена на рис. 2.27.

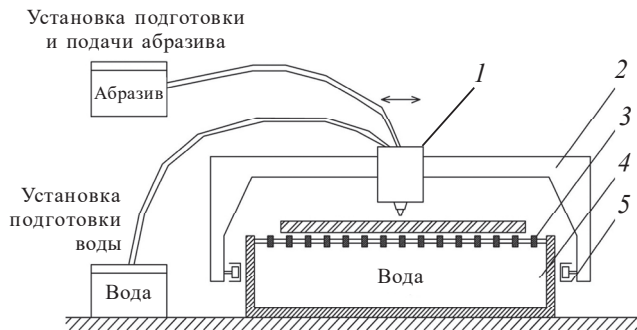


Рис. 2.27. Конструкция гидроабразивной установки:

1 – режущая головка; 2 – портал; 3 – решетка; 4 – бассейн; 5 – направляющие портала

Особенностью гидроабразивной резки является отсутствие механического воздействия на обрабатываемый металл. Все установки ГАР обеспечиваются числовым программным управлением (ЧПУ). Удаление абразива выполняется транспортером.

На рис. 2.28 представлена схема работы гидроабразивной установки. Гидроабразивные установки имеют, как правило, 3...5 управляющих осей, 3...4 режущие головки. Максимальная толщина обрабатываемого проката – 500 мм, скорость резки ГАР – 500 м/мин.

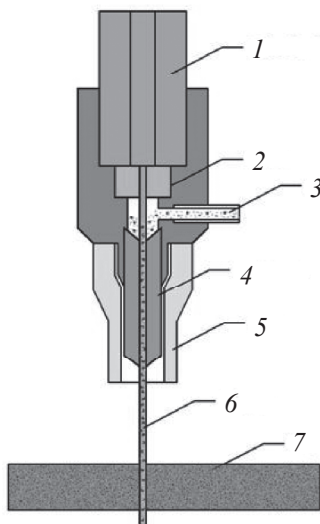


Рис. 2.28. Схема работы гидроабразивной установки:

1 – подвод воды под высоким давлением; 2 – сопло; 3 – подача абразива; 4 – смеситель; 5 – кожух; 6 – режущая струя воды с абразивом; 7 – разрезаемый материал

В практике резания металлопроката применяются установки типа Waterjet, Modula SOLID1-2040AW (Италия), PTV (Чехия), OMAR, VyjetPro3015 (Швейцария). Данные машины гидроабразивной резки VyjetPro 3015 компании Bystronic:

Рабочий диапазон для обработки деталей	$x = 3000$ мм $y = 1500$ мм $z = 230$ мм
Число режущих головок	4
Количество сверлильных головок	4
Количество сменных столов	2
Скорость параллельно осям x и y , max, м/мин	60

Скорость позиционирования одновременно обеим осям, тах, м/мин	84
Скорость резки, тах, м/мин	50
Скорость перемещения, min, м/мин	0,001
Уровень воды	Автоматический контроль
Удаление абразива	Стрелковый транспортёр
Система ЧПУ	By Vision
Программное обеспечение	By Soft 7

2.10. Образование отверстий

Образование отверстий продавливанием является одной из основных операций при обработке деталей металлических конструкций. Отверстия образуют в основном двумя способами – продавливанием (проколкой) и сверлением.

Продавливание отверстий допускается в следующих случаях:

- а) для малоуглеродистых сталей толщиной до 25 мм включительно;
- б) для низколегированных сталей толщиной до 20 мм включительно;
- в) для высокопрочных сталей толщиной до 10 мм включительно;
- г) при получении отверстия, диаметр которого больше толщины детали не менее чем на 2 мм.

Продавливание основано на скалывании металла по периметру отверстия. Процесс образования отверстия продавливанием происходит следующим образом. Сначала пуансон, нажимая на металл, сминает его и несколько врежется в толщу детали. Под давлением пуансона в металле возникают два вида напряжений – сжимающие и скалывающие, сосредоточенные у режущих кромок пуансона и матрицы. Под влиянием этих напряжений в металле происходят сдвиги, а затем образуются трещины скалывания, после чего наступает разрушение металла и отделение выкалываемого куска (выдавки).

Усилие, необходимое для продавливания отверстия любой формы, определяют по формуле

$$P_{\text{ш}} = k_{\text{п}} \cdot p \cdot h \cdot \sigma_s,$$

где p – периметр отверстия, мм; σ_s – расчетное сопротивление металла срезу, МПа; $k_{\text{п}}$ – коэффициент, величина которого зависит от зазора между матрицей и пуансоном (можно принять 1.1).

Продавливание отверстий в зависимости от профиля стали, количества и размеров деталей, технологических возможностей оборудования, количества и характера расположения отверстий производят по наметке, шаблонам или с использованием различных приспособлений на одно-, двух- и многотемпельных дыропробивных прессах.

Размер детали из листовой стали при продавливании отверстий на одноштемпельных и двухштемпельных прессах ограничивается глубиной зева; расстояние от края детали до центра отверстия не должно превышать глубину зева, иначе деталь будет упираться в станину пресса. На прессах, используемых на заводах, глубина зева (расстояние от оси ползуна до станины) составляет обычно 700...800 мм. Отверстия на одно- и двухштемпельных прессах прокалывают либо по наметке (разметке), либо по шаблонам из картона. В последнем случае рекомендуется обрабатывать листовые детали массой до 10 кг, площадью менее 0,5 м², а также прямолинейные детали из уголков длиной до 500 мм и массой до 10 кг.

Отверстия в шаблоне делают на 1 мм больше диаметра пуансона. Отверстия по наметке продавливают в листовых деталях от 10 до 50 кг, площадью более 0,5 м², а также в деталях из уголков длиной 1000...7000 мм и массой до 80 кг.

Двухштемпельные прессы целесообразно применять для обработки полосовых деталей, парных уголков, одиночных швеллеров и двутавров, а также деталей, имеющих отверстия разных диаметров, расположенных по ширине детали на расстоянии 80...100 мм. На многотемпельных прессах целесообразно обрабатывать крупные детали и детали из уголка длиной до 15 м с большим количеством требуемых отверстий. Ширина обрабатываемого листа

зависит от расстояния между стойками станины и составляет 1500...3000 мм.

Сверление отверстий назначается для толщины листов свыше 20...25 мм. В деталях меньшей толщины сверление применяют при сложном расположении отверстий и диаметрах, меньших толщины листов. Практически на заводах металлических конструкций сверлением получают отверстия диаметром до 80 мм включительно. Отверстия большего диаметра в целях повышения производительности труда получают кислородной резкой с последующей в необходимых случаях расточкой на расточных станках. Сверление выполняется за счет снятия стружки с помощью сверла. На рис. 2.29 приведена конструкция радиально-сверлильного станка 2А554.

Сверление отверстий в зависимости от профиля стали, размеров деталей, их серийности, требуемой точности производят по наметке (разметке), кондукторам или в пакете по шаблону на стационарных или передвижных радиально-сверлильных станках.

Сверление отверстий по наметке или разметке производят для обработки деталей из уголков, швеллеров и двутавров, а также единичных листовых деталей. Сверление по кондукторам применяют для листовых деталей, требующих высокой точности ($+0,3$ мм) расположения отверстия (торцевые фасонки стропильных ферм, полки и стенки колонн в местах примыкания стропильных и подстропильных ферм, фланцы антенно-мачтовых сооружений). Сверление отверстий по шаблону в нескольких листовых деталях, собранных в пакет, значительно повышает производительность. В качестве шаблонов используют рядовые детали с отверстиями, которые укладывают сверху пакета деталей без отверстий. Обычно пакет состоит из 4...5 деталей, высота пакета 80...100 мм. Рядовая деталь в качестве шаблона может использоваться не более 3...4 раз. При сверлении отверстий следует обращать внимание на закрепление деталей на сверлильном станке и на стяжку пакетов при пакетировании листовой стали.

Практикой установлено, что более производительнее сверление на максимальных подачах, определяемых прочностью сверла.

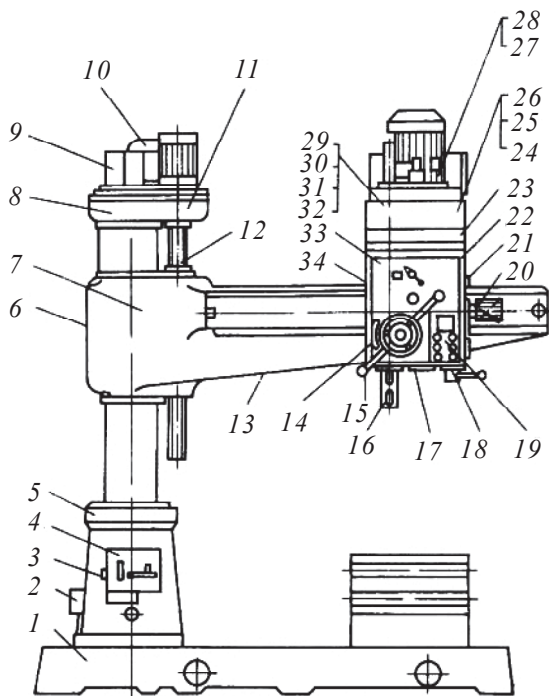


Рис. 2.29. Радиально-сверлильный станок 2А554:

1 – плита; 2 – агрегат охлаждения; 3 – заземление станка; 4 – электрооборудование колонны; 5 – цоколь, колонна; 6 – зажим рукава; 7 – рукав; 8 – гидрозажим; 9 – токосъемник; 10 – гидростанция; 11 – редуктор; 12 – механизм подъема; 13 – электрооборудование рукава; 14 – механизм ручного перемещения головки; 15 – устройство штурвальное; 16 – шпиндель; 17 – механизм подачи; 18 – рукоятка управления фрикционной муфтой; 19 – электрооборудование головки; 20 – привод ускоренного отвода шпинделя; 21 – противовес; 22 – зажим головки; 23 – установка насосная; 24 – смазка; 25 – гидрокommуникация; 26 – цилиндр главный; 27 – привод гидропреселектора; 28 – гидропреселектор; 29 – муфта фрикционная; 30 – коробка скоростей; 31 – коробка подач (24 ступени); 32 – коробка подач (12 ступеней); 33 – головка сверлильная; 34 – гидропанель

Подачу сверла определяют по формуле

$$S = C_s \cdot D^{0,6},$$

где D – диаметр сверла, мм; C_s – коэффициент, зависящий от прочности материалов сверла и обрабатываемого металла.

Скорость резания при вычисленной подаче определяют по формуле

$$v = \frac{C_v D^{x_v}}{T^m S^{y_v}} k,$$

где C_v – коэффициент, зависящий от прочности обрабатываемой стали; T – экономическая стойкость сверла, равная диаметру сверла, мм; x_v, y_v, m – показатели степени, зависящие от условий сверления; k – коэффициент, зависящий от свойств обрабатываемого материала, материала сверла и условий сверления (подачи, смазки и т. п.).

Все коэффициенты и показатели степени, входящие в формулы, можно определять по табл. 2.6.

Т а б л и ц а 2.6

**Величины коэффициентов и показателей степени
в формулах определения скорости резания и количества оборотов**

Технологическая операция	Обрабатываемая сталь	C_s	C_v		k^v
			$S < 0,2 \text{ мм}$	$S > 0,2 \text{ мм}$	
Сверление	Вст3	0,085	7	10,0	1,00
	09Г2	0,082	6,6	9,4	0,85
	10Г2С1	0,075	5,8	8,0	0,85
	10ХСНД	0,072	5,6	6,3	0,80
	16Г2АФ	0,068	5,2	7,2	0,80
	12Г2СМФ	0,054	4,0	5,0	0,70
	15ХГ2СМФР	0,038	2,4	2,8	0,70
Строгание	Вст3	–	100	80	1,00
	09Г2	–	90	74	0,85
	10Г2С1	–	76	65	0,85
	10ХСНД	–	72	62	0,80
	16Г2АФ	–	65	58	0,80
	12Г2СМФ	–	40	42	0,70
	15ХГ2СМФР	–	22	20	0,70

Окончание табл. 2.6

Технологическая операция	Обрабатываемая сталь	C_s	C_v		k^v
			$S < 0,2$ мм	$S > 0,2$ мм	
Фрезерование	Вст3	7,2	—	5200	1,00
	09Г2	7,0	—	5000	0,85
	10Г2С1	6,6	—	4800	0,85
	10ХСНД	6,4	—	4600	0,80
	16Г2АФ	6,2	—	4400	0,80
	12Г2СМФ	6,0	—	3800	0,70
	15ХГ2СМФР	6,1	—	3200	0,70
Наименование показателя	Сверление	Строгание		Фрезерование	
x_v	0,4	0,2		—	
y_v	—	—		—	
$S \leq 0,2$ мм	0,7	0,5		—	
$S > 0,2$ мм	0,5	—		0,3	
T^* , мин	D, мм	60		300	
m	0,2	0,1		—	

Примечание. Экономическая стойкость сверла во времени T (мин) условно принимается равной диаметру сверла D (мм).

По скорости резания находят частоту вращения (количество оборотов в минуту):

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi D}.$$

2.11. Строгание

При обработке деталей металлических конструкций возникает необходимость выполнения строгания их кромок для снятия фасок, удаления зон наклепа после резки на ножах, зон закалки или разупрочнения после кислородной резки.

Процесс строгания основан на снятии стружки с помощью резца (рис. 2.30).

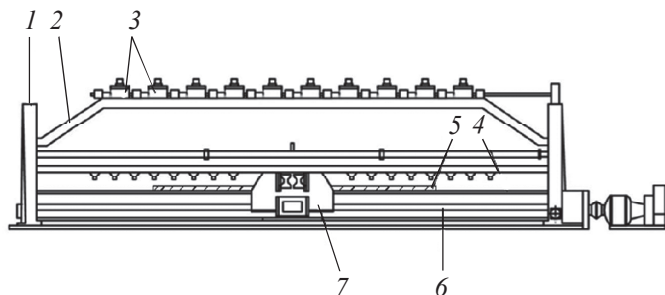


Рис. 2.30. Кромкострогальный станок:

1 – станина; 2 – балка (поперечина); 3 – прижимы; 4 – стол;
5 – обрабатываемый лист; 6 – ходовой винт; 7 – каретка с суппортами

Строгание торцов опорных фланцев осуществляют на кромкострогальном станке. Фланцы, подлежащие строганию, должны иметь припуск, равный 30 % толщины стали, но не более 10 и не менее 3 мм.

При разметке и вырезании деталей, подлежащих строганию, предусматривают необходимые припуски. Строгание производят на кромкострогальных и продольно-строгальных станках. На кромкострогальных станках выполняют строгание кромки листов, а на продольно-строгальных – строгание поверхности любых деталей прямолинейной формы.

Скорость резания при строгании определяют по формуле

$$v = \frac{C_v k_v}{T^m t^{x_v} S^{y_v}},$$

где C_v – коэффициент, зависящий от прочности обрабатываемого материала, материала резца и величины подачи; k_v – коэффициент,

зависящий от геометрии рабочей части резца; T – экономическая стойкость резца, мин ($T \approx 60$ мин); t – глубина резания, мин; S – подача, мм; m , x_v , y_v – показатели степени, зависящие от обрабатываемого материала, материала рабочей части и охлаждения.

2.12. Фрезерование деталей

Фрезерование деталей производят на торцефрезерных станках (рис. 2.31, 2.32). Рабочим режущим инструментом являются торцевые фрезы, закрепленные в шпинделе станка, имеющие вставные режущие ножи из быстрорежущей стали Р-18, твердого сплава ВК-3 или Т5К10. При вращении фреза совершает прямолинейное движение вдоль обрабатываемой вертикальной поверхности и снимает ножами стружку постоянного сечения.

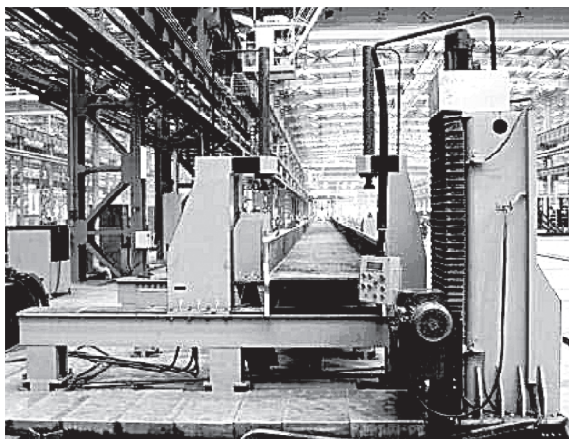


Рис. 2.31. Торцефрезерный станок

Для получения ровных и гладких поверхностей торцов деталей производят их фрезерование на торцефрезерных станках. Торцефрезерные станки оборудуют столами с упорами и прижимами для закрепления фрезеруемых деталей. Мелкие детали фрезеруют одновременно по несколько штук – пакетом. Фрезерование деталей осуществляется путем снятия стружки резцами фрезы.

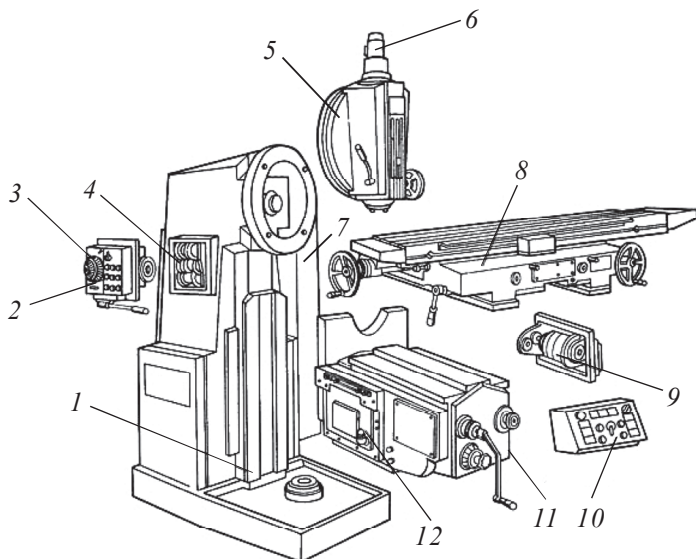


Рис. 2.32. Составные части
горизонтально-фрезерного станка 6P80Г 5:

1 – станина; 2 – пульт боковой; 3 – механизм переключения подач; 4 – коробка скоростей; 5 – головка поворотная; 6 – устройства электромеханического зажима инструментов; 7 – шкаф управления; 8 – стол и салазки; 9 – механизм замедления подачи; 10 – пульт основной; 11 – консоль; 12 – коробка подач

Фрезерование производят также на продольно-фрезерном станке. Продольно-фрезерные станки применяют при обработке длинных и широких плоскостей, а также фасонных профилей на крупных деталях, например, станины различных станков. Эти станки отличаются высокой производительностью, так как могут работать одновременно несколькими фрезами.

Режимы фрезерования определяют по следующим формулам:
– скорость подачи фрезы:

$$S = \frac{C_s D}{t^{0,5} B^{0,2}};$$

– скорость резания:

$$v = \frac{C_v t^{0,25} k}{T^{0,2} t^{0,1} S^y B^{0,15} z^{0,1}},$$

где B – ширина фрезерования, мм; z – число резцов фрезы, шт.; D – диаметр фрезы, мм; t – толщина снимаемого слоя металла, мм; T – экономическая стойкость фрезы, мин ($T = 300 \dots 350$ мин); C_v , C_s – коэффициенты, зависящие от свойств обрабатываемого материала и материала резцов фрезы; k – коэффициент, зависящий от геометрии головок резцов; y – показатель степени. Все коэффициенты и степени, входящие в формулы, приведены в табл. 2.5, 2.6.

2.13. Холодная и горячая гибка

При изготовлении стальных конструкций гибку деталей, как правило, производят без нагрева и только в отдельных случаях, для получения больших деформаций, детали перед гибкой нагревают. В холодном состоянии можно гнуть детали из строительных сталей любых марок в том случае, если максимальная относительная деформация крайних волокон не превышает 2 %. Это обусловлено структурными изменениями металла и появлением значительного наклепа при больших деформациях, поэтому минимальные допускаемые радиусы кривизны и стрелки прогиба при гибке в холодном состоянии ограничены. Значения их для наиболее распространенных видов изделий металлопроката приведены в табл. 2.7.

Гибку деталей в холодном состоянии производят в основном в листогибочных вальцах, сортогибочных машинах, кромкогибочных и кулачковых прессах. На листогибочных вальцах вальцуют листовую сталь для образования цилиндрических, конических и сферических поверхностей. На этих же листогибочных вальцах можно выполнять кольцевую вальцовку уголков швеллеров и двутавров.

Листогибочные вальцы выпускаются с тремя или четырьмя горизонтальными валками. Они позволяют вальцевать листовую сталь шириной не более 8000 мм и толщиной не более 50 мм. Кинематическая схема трехвалковой гибочной машины приведена на рис. 2.33.

Т а б л и ц а 2.7

**Минимальные радиусы кривизны и стрелки прогиба
при холодной гибке расчетных деталей**

Вид изделия	Гибка относительно оси	Минимальные значения	
		радиуса кривизны	стрелки прогиба
Сталь листовая универсальная и полосовая	Параллельная большей стороне сечения листа	25δ	$\frac{l^2}{200\delta}$
Сталь угловая	Параллельная полке уголка	$45b$	$\frac{l^2}{360\delta}$
Швеллеры	Параллельная полкам	$25h$	$\frac{l^2}{200h}$
	Параллельная стенке	$45b$	$\frac{l^2}{360b}$
Двутавры	Параллельная полкам	$25h$	$\frac{l^2}{200h}$
	Параллельная стенке	$25b$	$\frac{l^2}{200b}$

Примечание. l – длина погнутой части; δ – толщина листа; b и h – ширина и высота профиля; d – диаметр трубы.

На рис. 2.34 показана последовательность выполнения отдельных операций при изготовлении тонкостенных гнутых элементов.

Радиус изгиба проката в машине R_m , обеспечивающий необходимый радиус изделия R_n после его выхода из машины, можно определить по следующим формулам:

– для профилей из пластичного металла, имеющего площадку текучести R_m и R_n ,

$$R_m^2 + \frac{1}{R_m} \cdot \frac{h^3}{4E_t^3} - \left(\frac{1}{R_n} + \frac{3E_t}{h} \right) = 0; \quad (*)$$

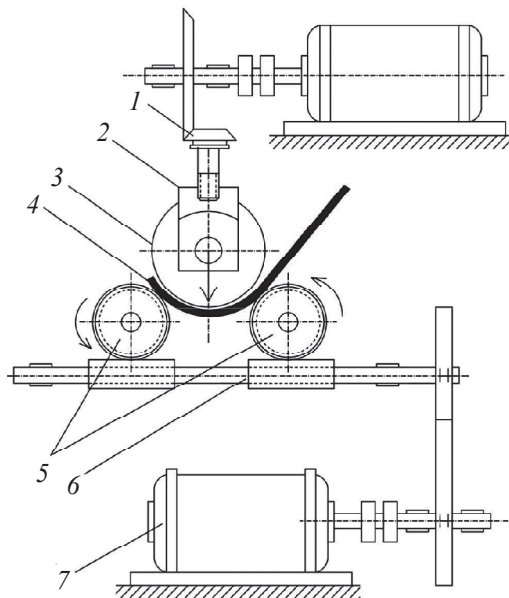


Рис. 2.33. Кинематическая схема трехвалковых вальцов:

1 – привод прижима верхнего вала; 2 – подвижная опора; 3 – верхний валок;
4 – материал; 5 – нижние валки; 6 – привод; 7 – электродвигатель

– для профилей из упрочняющегося металла (без площадки текучести)

$$R_m^2 + \frac{1}{R_m} \left(1 - \frac{E_1}{E} \right) \frac{h^3}{4E_t^3} - \frac{1}{R_n} \cdot \frac{h^3}{4E_t^3} - \left(\frac{3}{4} + \frac{E_1}{2E} \right) \frac{h^2}{E_t^2} = 0, \quad (**)$$

где E_t – относительное удлинение крайнего волокна изгибаемого элемента при достижении напряжения в данном волокне, равного $\sigma_y(\sigma_{0,2})$ (табл. 2.8),

$$E_1 = \frac{\sigma_1}{E},$$

где E – модуль упругости стали, равный 210 000 МПа; E_1 – модуль упрочнения стали, зависит от свойств стали (табл. 2.9).

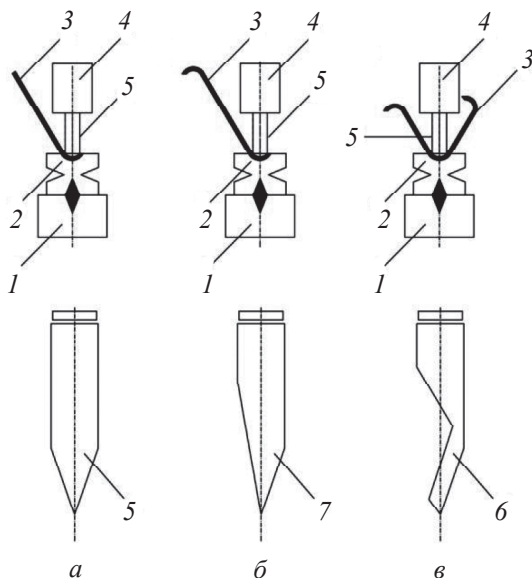


Рис. 2.34. Гибка деталей:

a – первый гиб; *б* – второй гиб; *в* – третий гиб; 1 – стол пресса; 2 – нижний штамп; 3 – обрабатываемый лист; 4 – ползун; 5, 6, 7 – верхние штампы

Уравнения (*) и (**) являются неполными кубическими. Зная R_m , можно определить удлинение в крайнем волокне изгибаемого проката:

$$E_{к.в} = \frac{h}{2l_m},$$

а затем выбор упругого ядра

$$a = h \frac{E_r}{E_{к.в}}.$$

Момент сопротивления упругого ядра равен

$$W_a = \frac{da^2}{12} \text{ см}^3,$$

где d – толщина стенки профиля, см.

Т а б л и ц а 2.8

Значения $\sigma_y(\sigma_{0,2})$ для строительных сталей

Группа стали	Марка стали (класс прочности стали)	$\sigma_y(\sigma_{0,2})^{\text{Клр}}$, МПа	$\sigma_y(\sigma_{0,2})$, МПа
Обычной прочности	ВСт3, В18Г, Ст3мост, М16С (С380/23)	230	320
Повышенной прочности	09Г2, 09Г2С (С44/29)	290	390
	14Г2, 10Г2С1, 15ХСНД (С46/33)	330	440
	10ХСНД (С52/40)	400	530
Высокой прочности	16Г2АФ, 15Г2СФ (С60/45)	450	580
	12Г2СМФ, 14Х2ГМР (С70/60)	600	860
	15ХГ2СМФР (С85/75)	750	980

Примечания: 1. $\sigma_y(\sigma_{0,2})^{\text{Клр}}$ – предел текучести стали согласно классу прочности.

2. $\sigma_y(\sigma_{0,2})$ – технологический предел текучести стали, полученный в результате статистических исследований технологических свойств стали; равен среднему значению предела текучести плюс два квадратных отклонения (стандарта).

Т а б л и ц а 2.9

Модуль упрочнения строительных сталей

Группа прочности стали	Класс прочности стали	Марка стали	Вид термо-обработки	Модуль упрочнения, МПа
Обычной прочности	С38/23	ВСт3, В18Г, Ст3мост, М16С	ГК	–
Повышенной прочности	С44/29	09Г2, 09Г2С	ГК или Н	4000
			3 + О	2500
	С46/33	14Г2, 10Г2С1, 15ХСНД	ГК или Н	4000
			3 + О	2500
	С52/40	10ХСНД	ГК или Н	4000
			3 + О	2500

Окончание табл. 2.9

Группа прочности стали	Класс прочности стали	Марка стали	Вид термо-обработки	Модуль упрочнения, МПа
Высокой прочности	С60/45	16Г2Аф, 15Г2СФ	Н	4000
			3 + О	2500
	С70/60	12Г2СМФ	Н + Во	4000
			3 + О	2500
		14Х2ГМР	Н	8500
			3 + Во	2500
	С85/75	15ХГ2СМФР	Н	10 000
			3 + Во	3500

Примечание. ГК – горячекатаный; Н – нормализация; 3 + О – закалка плюс отпуск; Во – высокий отпуск.

Гибку полос на ребро, уголков, швеллеров и двутавров в плоскости стенок и полок производят на горизонтальных правильно-гибочных прессах. Этот процесс аналогичен правке указанных профилей, только степень изгиба больше. На сортогибочных машинах гнут по заданному радиусу уголки, балки и швеллеры. Принцип гибки на этих машинах тот же, что и на листогибочных вальцах.

Холодная гибка листа при изготовлении различных гнутых профилей производится на кромкогибочных прессах; гибку листового стали на кромкогибочных прессах обычно производят с малыми радиусами закругления и, следовательно, с большими деформациями волокон. Напряжения при этих деформациях значительно превышают предел текучести, а поэтому в расчетную формулу для определения необходимого усилия гибки P_r вводят не предел текучести (δ_r), а временное сопротивление материала заготовки (σ_u):

$$P_r = \frac{1,2\sigma_u h^2 b}{c},$$

где σ_u – временное сопротивление материала заготовки, МПа; b – ширина заготовки, мм; c – ширина паза нижнего штампа, мм;

1,2 – коэффициент, учитывающий трение изгибаемого листа о кромки штампа.

Для того чтобы заготовка во все время гибки опиралась на кромки нижнего штампа, необходимо удовлетворить неравенству

$$c < 2t \sin \alpha.$$

В деталях из низколегированной стали перед гибкой следует зачистить кромки, пересекающие линиигиба, на глубину 2 мм и удалить заусеницы.

В последнее время все больше применяется гибка изделий из балки, швеллера, труб с радиусамигиба меньшими, чем указаны в табл. 2.7, при нагреве изгибаемой детали токами высокой частоты. Концентрация нагрева детали позволяет гнуть любые, в том числе и тонкостенные, профили без потери устойчивости их стенок, следовательно, и без складок. На указанных станках можно гнуть детали любого сечения и значительных размеров. Однако объемы работ по горячей гибке деталей на заводах металлоконструкций незначительны.

Глава 3

СБОРКА И СВАРКА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

3.1. Общие положения

Сборка. В процессе разработки технологии сборки и сварки конструкций отправочной марки определяют очередность установки готовых деталей, их взаимное расположение согласно чертежу КМД; выбирают необходимое оборудование и режим его работы, инструменты и приспособления; обосновывают величины припусков, допусков и зазоров в стыках; назначают способ сварки, сварочное оборудование и материалы; определяют порядок наложения сварочных швов; назначают способ контроля качества сборки и сварки.

Сборку металлических изделий производят в сборочных кондукторах на стационарных или передвижных стеллажах или на сборочных плитах.

Участок сборки-сварки оборудован кондукторами, стендами, сборочными плитами и стеллажами двух типов:

а) стационарными, изготавливаемыми из двутавровых балок, которые крепятся к фундаментам;

б) передвижными в виде сварных козелков длиной 2,5...4,5 м из двутавровых балок, установленных на направляющие стальные швеллеры, заделанные в ленточные бетонные фундаменты.

Для соединения деталей необходимо использовать инвентарные приспособления и средства малой механизации. Соединение деталей производят или механическим способом в кондукторах с помощью болтов, заклепок, или при помощи коротких сварных швов – электроприхваток.

При сборке по разметке с помощью разметочного инструмента на поверхности одних деталей наносят линии или риски приемыкания других. При разметке необходимо учитывать припуски на фрезерование торцов, на усадку сварных швов.

Для выполнения сборочных операций применяют различные инвентарные приспособления и средства малой механизации – струбцины, стяжные и распорные приспособления, скобы, домкраты. Наиболее широко применяемые приспособления приведены в работах [2, 4–6]. Во время сборки используют различный инструмент, который позволяет облегчить выполнение сборочных работ: выравнивание кромок соединяемых деталей, поджатие деталей друг к другу, совмещение отверстий в пакете деталей, затяжку болтов. Подробный перечень сборочного инструмента приведен в работах [2, 4].

Сборку конструкций производят из проверенных ОТК деталей, укрупненных узлов и ветвей. Сборка должна производиться в условиях, обеспечивающих ее высокое качество, безопасное выполнение работ. Технология сборки сварных изделий зависит от формы, размеров и повторяемости конструкций и может производиться по разметке; при помощи шаблонов, кондукторов и других специальных приспособлений; по копиру. Металлические конструкции должны изготавливаться в соответствии с требованиями стандартов и СП 53-101-98 по рабочим чертежам КМД [7, 12].

Сварка. Сварка заключается в наложении сварных швов (стыковых, угловых) на собранных отправочных марках. Ранее нанесенные при сборке прихватки защищают от грата и шлака. Сварка может быть ручная, полуавтоматическая и автоматическая. Сварку выполняют на постоянном токе, для его получения используют инвентарные сварочные выпрямители (типа ВДМ-1202С). Различают основной металл (свариваемые детали) и наплавленный (металл сварного шва).

Ручная сварка. Соединение деталей производится за счет расплавления основного металла и электрода в результате создания высокой температуры электрической дуги, возникающей при создании потенциала между основным металлом и металлом электрода. Схема сварки приведена на рис. 3.1.

Происходит взаимное смешивание и последующее остывание и кристаллизация металла сварного шва.

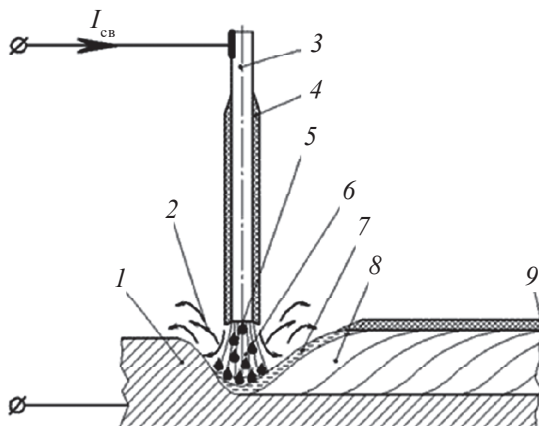


Рис. 3.1. Схема сварки покрытым металлическим электродом:

1 – изделие; 2 – защитные газы; 3 – электродный стержень; 4 – электродное покрытие; 5 – капли электродного металла; 6 – сварочная дуга; 7 – расплавленный металл; 8 – металл шва; 9 – шлак

Электрод представляет собой стальной стержень диаметром 3...8 мм, покрытый специальной обмазкой, имеющей сложный химический состав. Во время сварки обмазка плавится. Назначение обмазки – стабилизация электродуги, формирование сварочной ванны, достижение непрерывности сварки, обеспечение необходимых механических свойств наплавленного металла за счет легирующих добавок. И самое главное назначение обмазки – защита расплавленного металла шва от окисления кислородом окружающего воздуха.

Полуавтоматическая сварка. Осуществляется с помощью сварочных полуавтоматов (настройка, позиционирование производятся оператором). Сварку проводят в среде защитных газов (гелий, азот, аргон, углекислый газ), подаваемых централизованно к месту сварки. Сварка ведется голой сварочной проволокой. Углекислый газ выполняет защитные функции расплавленного металла. Полуавтоматическая сварка осуществляется разными полуавтоматами, схема сварки приведена на рис. 3.2.

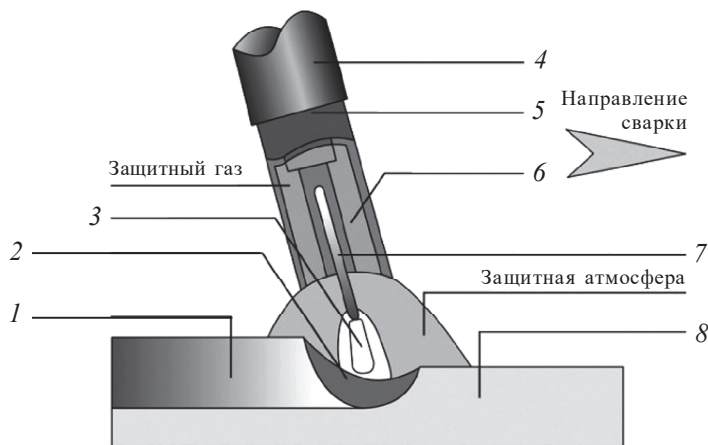


Рис. 3.2. Полуавтоматическая сварка в среде защитного газа:

1 – застывший металл; 2 – сварочная ванна; 3 – дуга; 4 – горелка; 5 – газовое сопло; 6 – контактный наконечник; 7 – сплошная или порошковая проволока; 8 – свариваемый материал

Автоматическая сварка под флюсом. Сварка производится сварочными автоматами различной конфигурации (подвесные, напольные переносные автоматы и т. д.).

К месту сварки автоматически подаются сварочная голая проволока, флюс, осуществляется движение автомата (рис. 3.3). Внешний вид сварочного аппарата приведен на рис. 3.4. и 3.5.

Флюс представляет собой мелкозернистый гранулированный продукт, который при расплаве образует защитное газовое облачко и обеспечивает требуемый химический состав и механические свойства металла шва.

Флюсы могут быть плавленные или керамические.

По функциональным признакам компоненты электродного покрытия разделяют:

- на газообразующие:
 - защитный газ;
 - ионизирующий газ;
 - шлакообразующие;

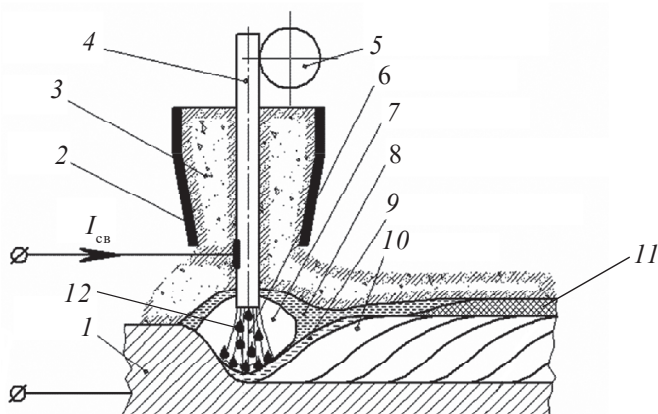


Рис. 3.3. Автоматическая сварка под слоем флюса:

1 – изделие; 2 – сопло; 3 – флюс; 4 – электрод; 5 – механизм сварочной проволоки; 6 – сварочная дуга; 7 – газовая полость; 8 – расплавленный флюс (шлак); 9 – расплавленный металл; 10 – металл шва; 11 – шлак (шлаковая корка); 12 – капли электродного металла

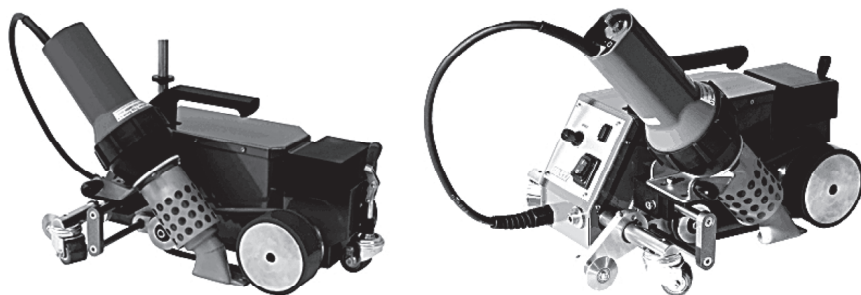


Рис. 3.4. Сварочный аппарат (полуавтомат)

- на изолирующие расплавленный металл от активных газов атмосферного воздуха;
- раскислители;
- рафинирующие элементы;
- легирующие элементы;
- связующие;
- пластификаторы.

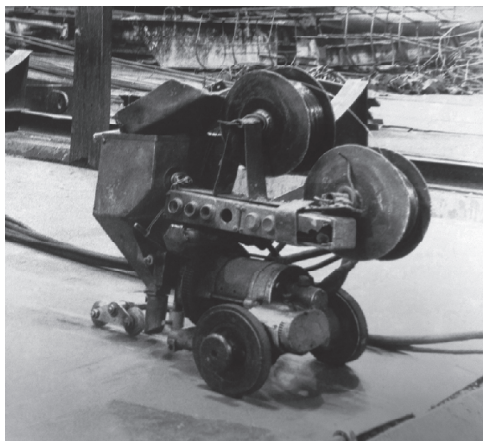


Рис. 3.5. Сварочный аппарат (автомат)

Различают тип и марку электродов, которые выбирают в зависимости от марки (класса) основного металла, толщины проката, температуры плавления и его возгорания.

Характеристики электродов и обмазки приведены в нормативной литературе (ГОСТ 9467-75).

3.2. Изготовление сварных двутавровых стержней

Двутавровые стержни собирают по разметке при изготовлении элементов, габариты которых не вписываются в сборочные приспособления. На заводах и в мастерских малой мощности для изготовления стержней двутаврового сечения применяют стационарные кондукторы с винтовыми или пневматическими прижимами (рис. 3.6). При таком способе изготовления вначале собирают полосы полок и стенки, накладывая поперечные соединительные швы, затем в кондукторе фиксируют их взаимное расположение, накладывая электроприхватки. После этого производят наложение по-
ясных швов.

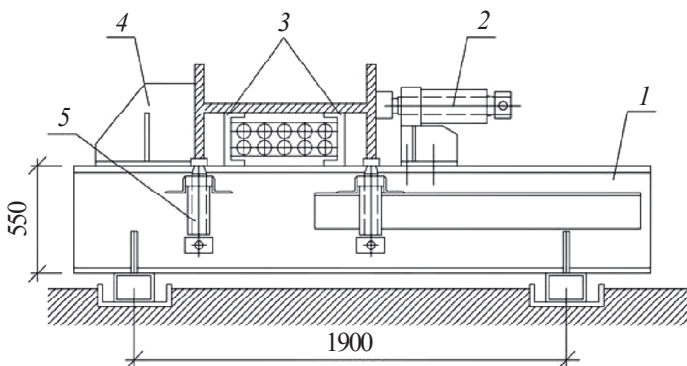


Рис. 3.6. Кондуктор с винтовыми прижимами
для сборки сварных двутавров:

1 – рама; 2 – винтовой прижим; 3 – подставка; 4 – неподвижный упор;
5 – винтовые упоры

Наиболее совершенный способ изготовления стержней двутаврового сечения осуществляется на механизированном стенде с подвижным порталом (рис. 3.7). Стенд предназначен для укладки стенки и полок собираемого стержня в проектное положение, а подвижной портал – для взаимного плотного прижатия полок и стенки.

Перед сборкой производят настройку стенда, которая заключается в регулировке винтов, установке подвижной балки и стоек-фиксаторов по размерам собираемого стержня. Портал устанавливают в конце собираемого стержня.

Лист стенки стержня укладывают в горизонтальное положение на подвижные опоры, листы полок – в вертикальное положение на винтовые упоры. Выравнивают один из торцов стержня, после чего включают вертикальные прижимы портала для поджатия стенки стержня, затем – горизонтальные прижимы для прижимания полки к стенке. После этого сборщик прихватывает сварными швами соединяемые элементы стержня. Наложение электроприхваток производят полуавтоматом А537У в среде углекислого газа. Закончив сборку одного конца, портал передвигают на другой конец стержня, где в той же последовательности выполняют операции по сборке элементов стержня.

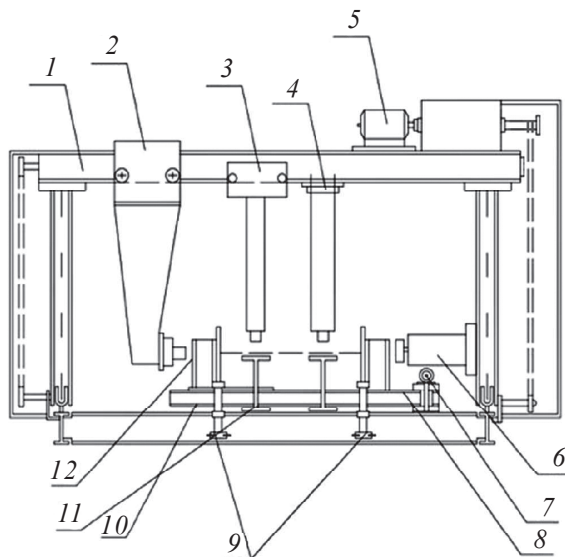


Рис. 3.7. Установка с передвижным порталом для сборки стержней двутаврового сечения:

1 – портал; 2, 3 – подвижные пневмоприжимы; 4, 6 – неподвижные пневмоприжимы; 5 – мотор; 7 – приводной вал; 8, 12 – стойки; 9 – винтовой упор; 10 – приводной винт перемещения подвижной опоры; 11 – подвижная опора

После наложения электроприхваток по концам стержня, последовательно передвигая стержень, осуществляют наложение электроприхваток через 500...600 мм. Завершив сборку, двутавровый стержень мостовым краном перемещают на кантователь для наложения поясных швов. Перед сваркой электроприхватки очищают от шлака. Сварку стержней осуществляют сварочным автоматом ТС-17М под слоем флюса или двухдуговым сварочным аппаратом А-639, смонтированным на велотележке.

Сварку поясных швов производят «в лодочку» в нижнем положении. Для такой сварки необходимо применение специальных кантователей или манипуляторов для поворота стержня вокруг продольной оси. Применяют кантователь, в котором двутавровый стержень закрепляется жестко подвижными кронштейнами на вертикальных траверсах, которые с помощью приводного вала враща-

ются относительно горизонтальной оси. Стержень последовательно поворачивается для сварки «в лодочку» всех поясных швов. Для сборки двутавровых стержней применяют также цепной кантователь, в котором стержень поворачивается вокруг своей горизонтальной оси за счет движущихся замкнутых цепей.

Очередной операцией по изготовлению двутаврового стержня является правка грибовидности полков, которая осуществляется механическим способом на специальных станках (рис. 3.8). Правку деформированных сварных стержней производят также местным нагревом газовыми горелками. Нагревают с выпуклой стороны полосами, точками или треугольниками. Местный нагрев доводят до температуры 700–850 °С.

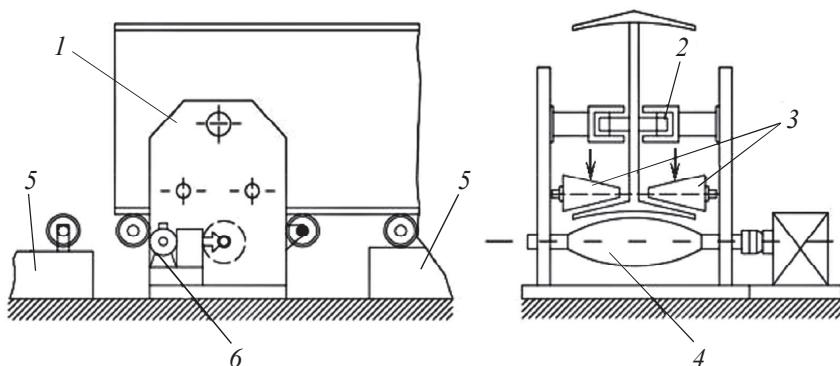


Рис. 3.8. Установка для правки грибовидности стержней двутаврового сечения:

1 – станина; 2 – направляющие ролики; 3 – нажимные ролики; 4 – приводной ролик;
5 – приемные столы с механизированным рольгангом; 6 – приводной механизм

После правки производят фрезерование торцов стержней на торцефрезерных станках ИР-198, ТФС-4. Фрезерование торцов обеспечивает точные геометрические размеры стержня по длине и прямой угол между продольной осью стержня и фрезеруемой поверхностью. При фрезеровании торцов стержней, имеющих монтажные отверстия, линии фрезеровки намечают от существующих отверстий. В остальных случаях фрезеруется один торец, линия

фрезеровки второго намечается на проектный размер по длине элемента. Фрезерование торцов выполняют за 2...3 прохода, снимая за один проход слой металла толщиной 3...4 мм.

Двутаавровый стержень закрепляют на стеллажах фрезерного станка так, чтобы соблюдался прямой угол между плоскостью фрезы и осью стержня. Для закрепления стержня существует система различных упоров и винтовых прижимов. Стержень сверху прижимают через траверсу винтом. Первый торец фрезеруют до исчезновения черноты. Для контроля глубины фрезеровки второго торца устанавливают контрольную фрезерованную планку.

Перпендикулярность от фрезерованного торца относительно продольной оси балки проверяют оптическим устройством.

3.3. Изготовление сварных подкрановых балок

Технологический процесс изготовления сварных двутаавровых подкрановых балок состоит из двух основных этапов. На первом этапе изготавливают сварной двутаавровый стержень в соответствии с технологией. На втором этапе двутаавровый стержень балки оформляют ребрами жесткости, опорными плитами и другими деталями.

Установку ребер жесткости на балки производят по разметке, учитывая припуски на усадку сварных швов – 0,5 мм на одну пару ребер. Разметку ведут от середины длины балки к краям. Подтяжку ребер к стенке производят при помощи скоб и клиньев.

Перед установкой опорных плит к стенке стержня приваривают электроприхватками технологические планки, на плитах размечают линии установки вертикального листа стержня. Затем опорные плиты устанавливают в проектное положение, выдерживая размер от строганого торца плиты до верхней плоскости горизонтального листа стержня. Плиту крепят электроприхватками к вертикальному листу.

3.4. Изготовление сквозных одноступенчатых колонн

В зависимости от геометрических размеров и массы колонны могут изготавливать целиком или в виде двух отправочных марок – верхней части (двутаврового сечения) и нижней (сквозного сечения).

В практике строительства нашел широкое распространение безвыверочный монтаж колонн, при котором опорную плиту базы изготавливают и монтируют отдельно от ветвей колонны. Это также вносит определенные изменения в традиционную технологию изготовления сквозных колонн. Возникает необходимость фрезеровки стержня колонны и опорной плиты. У опорных плит фрезеруют поверхность примыкания к ветвям колонны, а в колонне – торцы ветвей.

Сборку сквозной колонны, предназначенной для безвыверочного монтажа, производят в следующей последовательности. Отдельно собирают и сваривают верхнюю и нижнюю части колонны. Колонны собирают в сборочном кондукторе (рис. 3.9).

На опорные балки укладывают одну из ветвей колонны, плотно прижимая к торцевому упору и боковым упорам, которые служат фиксаторами проектного положения ветви. Фиксаторами положения для второй ветви при ее укладке на стеллажи являются диафрагмы, изготовленные с повышенной точностью. Диафрагмы устанавливают по разметке на первую ветвь колонны после ее укладки в кондуктор или заранее.

Далее с помощью крана в кондуктор укладывают вторую ветвь колонны и плотно прижимают к базовой плите и диафрагмам пневмоприжимами и винтовыми упорами.

Элементы решетки и базы колонны (траверсы, ребра) устанавливают по разметке.

Фрезерованные грани траверс и ребер базы примыкают к опорной плите. Затем оформляют подкрановый узел колонны. Стержень верхней части колонны укладывают на стеллажи, фиксируют его положение упорами и прихватывают к нижней части колонны. Если верхнюю и нижнюю части колонны отправляют отдельными

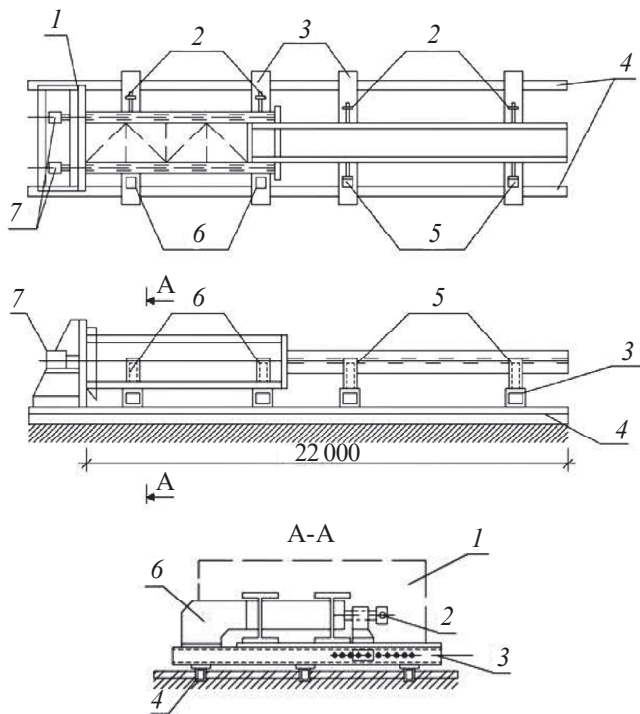


Рис. 3.9. Кондуктор для сборки решетчатых колонн:

1 – торцевой упор; 2 – винтовой упор; 3 – опорные балки; 4 – закладные опоры;
5, 6 – боковой упор; 7 – пневмоприжим

марками, то на них кернят и обводят яркой масляной краской монтажные риски осей. После сборки колонну вынимают из кондуктора краном и подают на сварку. Сварку производят полуавтоматом А-537У в среде углекислого газа.

3.5. Изготовление ферм

Наиболее распространенными способами изготовления плоских решетчатых конструкций являются сборка по копиру и сборка в кондукторе.

Сборку ферм производят в виде отправочных марок. При изготовлении негабаритных ферм, элементы которых отправляют россыпью с завода, необходимо произвести контрольную сборку первой фермы во избежание ошибок в геометрии.

Сборка ферм по копиру. Процесс сборки ферм разделяют на три основных этапа:

- 1) сборка копира;
- 2) сборка по копиру одной половины фермы относительно оси симметрии, лежащей в плоскости фермы;
- 3) полное оформление ферм.

Копир изготавливают по разметке на сборочной плите или на сборочных козелках. На плите вычерчивают в натуральную величину геометрическую схему фермы, линии обушков уголков и положение фасонки. По намеченной схеме раскладывают листы фасонки и уголки элементов фермы. Затем производят проверку правильности раскладки элементов фермы путем промеров и скрепляют их электроприхватками. В собранном копире измеряют диагонали, строительный подъем с помощью стальной струны. Копир перемещают на сборочный стеллаж, кантуют его на 180° .

Наиболее ответственной операцией является оформление копира деталями опирания строительных ферм. На концевые фасонки наносят центровые риски, укладывают их на пояса, совмещая риски. Фасонки прикрепляют к поясам стробцинами. Далее производят тщательную выверку правильности установки, замеряя расстояние от центров монтажных отверстий до оси симметрии фермы; перпендикулярность линии монтажных отверстий к осям поясных уголков; расстояние от торца поясного уголка до оси монтажных отверстий; расстояние между центрами крайних отверстий фасонки.

Натянутой струной проверяют соосность монтажных отверстий верхней и нижней концевых фасонки, которые затем крепят прихватками к поясным уголкам. Готовый копир сдают контролеру ОТК для оценки качества сборки. Фланец при опирании на него фермы устанавливается по фиксирующему упору или шаблону.

Сборку ферм по копиру производят в такой последовательности:
а) на узловые фасонки копира укладывают фасонки второй половины фермы;

б) фиксируют детали опирания фермы;

в) укладывают поясные уголки, совмещая их с уголками копира;

г) укладывают уголки раскосов и стоек;

д) с помощью трубцин или специальных приспособлений производят подтяжку уложенных уголков к узловым фасонкам копира;

е) намечают по копиру положение прокладок на уголках поясов, стоек и раскосов;

ж) снимают собранную половину фермы и кантуют ее на 180° на смежные стеллажи;

з) устанавливают прокладки согласно наметке и прихватывают их;

и) накрывают собранную половину фермы обратными уголками, совмещая вертикальные плоскости полок уголков, их торцы и монтажные отверстия;

к) устанавливают опорные детали;

л) производят подтяжку деталей и их прихватку.

Затем осуществляют сварку деталей фермы, переходя от узла к узлу. Для устранения явления коробления фермы при сварке устанавливаются временные распорки между опорными фасонками в месте стыка поясных уголков.

Сварку ферм производят ручным или полуавтоматическим способом в среде углекислого газа. Для сварки используют полуавтоматы А-537У, ПДГ-312 и др. Диаметр, тип и марку электродов, а также сварочной проволоки подбирают в зависимости от толщины сварного шва и класса стали.

Сборка ферм в кондукторе. Кондуктор собирают по геометрической схеме фермы на сборочной плите с фиксаторами: подставкой под поясные уголки, раскосы и стойки; подставками для узловых фасонки; фиксаторами концевых опорных плит и фланцев, поясных уголков; точеными пробками-фиксаторами, планками. Собранный кондуктор тщательно выверяют.

Последовательность сборки фермы в кондукторе:

а) на подставки-фиксаторы укладывают пером вниз нижние уголки поясов и решетки, фиксируют сборочными пробками от горизонтального смещения;

б) на полки уложенных уголков устанавливают узловые фасонки, соединительные прокладки, опорные детали (фиксируют пробками по отверстиям фиксаторов);

в) детали соединяют между собой прихватками;

г) укладывают вторые уголки элементов фермы, которые также выверяют по рискам и прихватывают к ранее собранной половине фермы;

д) ферму освобождают от пробок и прижимов и после проверки ОТК отправляют на сварку.

Изготовление фермы должно отвечать требованиям ГОСТ 23118-95.

3.6. Изготовление листовых конструкций

Трубопроводы. Сборку трубопроводов производят на роликовом стенде или на стенде с пневматическими прижимами. Сборку ведут из заранее изготовленных обечаек, которые вальцуют на трех- или четырехвалковых вальцах.

При отношении радиуса изгиба к толщине металла не менее 20 вальцовку производят в холодном состоянии. По длине вальцы разделяют на короткие с длиной вала 1,5...2 м, средние 2,5...3,5 м и длинные 8...12 м. Вальцовку выполняют как на горизонтальных вальцах, так и на вертикальных. Каждые вальцы рассчитаны на гибку листов определенных размеров и определенной марки стали. Свальцованные обечайки собирают на сборочном стенде в горизонтальном или вертикальном положении и после сварки стыковых швов подают на сборочные стенды.

Сборку трубопроводов на роликовом стенде осуществляют в такой последовательности (рис. 3.10). На ролики стенда укладывают две обечайки, сдвигают их ломиком друг к другу до стыкова-

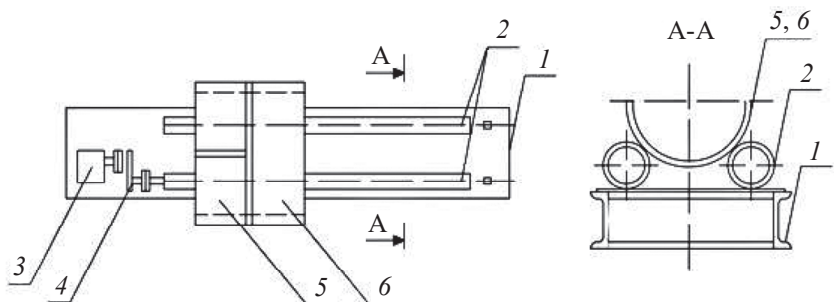


Рис. 3.10. Установка для сборки трубопроводов:

1 – рама; 2 – два длинных ролика; 3 – мотор; 4 – редуктор; 5, 6 – обечайки

ния кромок. В стыки закладывают прокладки необходимой толщины, чтобы обеспечить заданный зазор.

Над приводным роликом на стык обечаек накладывают первую электроприхватку. С помощью мотора приводят в движение приводной ролик, который начинает вращать обечайки. Через 350...400 мм обечайки соединяют по длине стыка электроприхватками. Соединив две обечайки, на стэнд укладывают третью и присоединяют ее к первым двум в той же последовательности.

Более совершенным является стэнд для сборки трубопровода, оборудованный пневматическими прижимами (рис. 3.11).

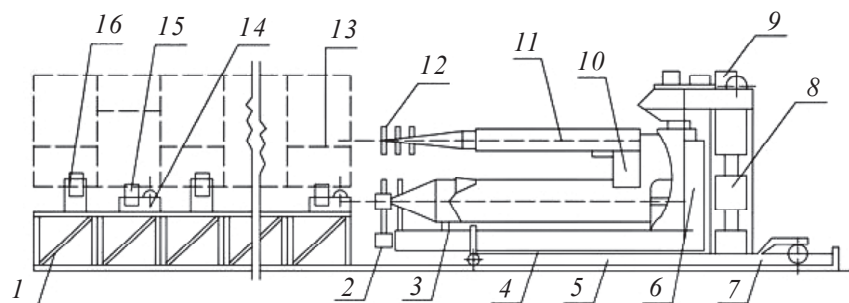


Рис. 3.11. Стэнд для сборки трубопровода:

1 – рама вращателя; 2 – пневмоприжимы; 3 – опора; 4 – рама тележки; 5 – база стэнда; 6 – стойка; 7 – тележка; 8 – колонна; 9 – механизм подъема; 10 – упор; 11 – консоль; 12 – упор консоли; 13 – обечайки; 14 – мотор и редуктор; 15, 16 – опорные ролики

На ролики устанавливают две обечайки. Тележку с консолью передвигают электроприводом по рельсовому пути к обечайкам. Консоль вводится внутрь обечаек, кромка крайней обечайки касается упора, обечайки прижимаются друг к другу. Включают пневмоприжим, и стенки обечаек выравниваются. Обечайки соединяют электроприхваткой.

Далее стенки обечаек освобождаются от пневмоприжима, и приводной ролик поворачивает обечайку на 20...25 см. Снова включают прижим и ставят следующую электроприхватку. И так повторяют до тех пор, пока обечайки не будут соединены между собой прихватками по всей окружности.

После сборки двух обечаек тележку отводят назад и укладывают третью обечайку. Операции по сборке следуют в том же порядке до окончания сборки всего трубопровода.

При сварке трубопроводов вначале заваривают продольные, а затем поперечные (кольцевые) швы. В трубопроводах диаметром до 1200 мм на внутренней поверхности сварные швы накладывают вручную, при больших диаметрах трубопроводов применяют автоматическую сварку. С наружной стороны все швы заваривают сварочными тракторами.

3.7. Изготовление сквозных трубчатых конструкций радио-, телеопор

Основным элементом конструкции радиомачт и радиобашен являются пояса, которые изготавливают в основном из прокатных стальных труб, связанных между собой фланцевыми соединениями на болтах. Элементы радиобашен поставляют для монтажа россыпью и соединяют между собой болтами или сварными швами. Радиомачты собирают из отдельных секций, которые поставляют для монтажа в виде сквозной конструкции полной заводской готовности. Сборку секций радиомачт, а также элементов радиобашен производят в кондукторах.

Сборка поясов. Для сборки поясов применяют два типа кондукторов – для установки фланцев и для оформления поясов фасонками (рис. 3.12). В случае необходимости стальные трубы стыкуют между собой на сборочном кондукторе. Стыковку производят с использованием подкладного кольца, вставляемого внутрь стыкуемых труб.

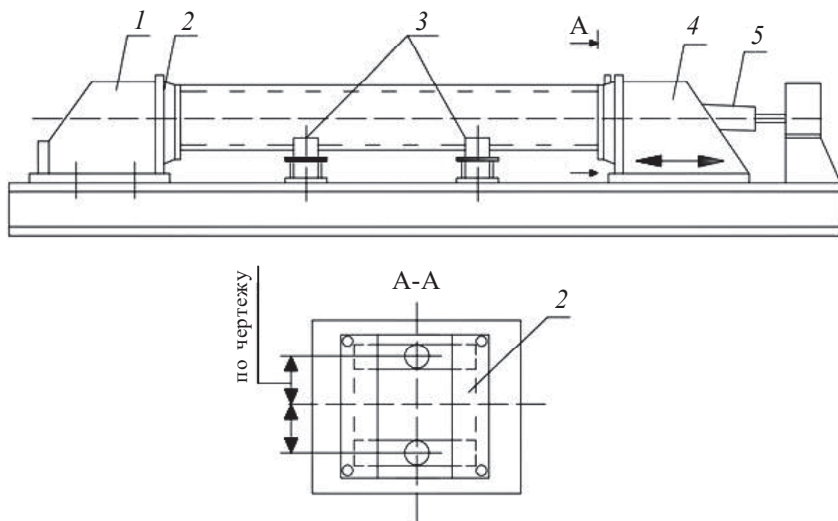


Рис. 3.12. Кондуктор для установки фланцев поясов мачты:

1 – переставная нерегулируемая опора; 2 – переставные фиксаторы; 3 – регулируемые призмы; 4 – регулируемая опора; 5 – пневмоприжим

При сварке на роликовом вращателе полуавтоматом ПДГ-507У используют сварочную проволоку Св-08Г2С. Качество шва контролируют рентгеновским или ультразвуковым способом.

Кондуктор для установки фланцев и фасонки состоит из комплекта типовых приспособлений. Пояса оформляются в кондукторе в следующем порядке. Фиксаторы настраивают в соответствии с устанавливаемым фланцем. Переставную опору переводят в положение, необходимое для сборки пояса, и закрепляют. Настраивают упор точной настройки регулируемой опоры на размер, равный длине собираемого пояса, с учетом припуска на усадку сварных швов.

Припуск назначают при длине пояса 2...6 м равным 2 мм, при 6...10 м – 3 мм. Регулируемые призмы настраивают в соответствии с диаметром трубы пояса.

Перед сборкой поясов трубы раскладывают на стеллажах. Внутри труб закладывают заглушки и закрепляют их электроприхватками. Перед установкой заглушек внутренняя поверхность труб должна быть очищена от грязи и ржавчины.

На концы труб насаживают фланцы, после чего трубу укладывают на регулируемые призмы кондуктора. Регулируемую призму подают до настроенного упора точной настройки. Необходимо точно выдерживать размер от торца трубы до фиксатора. Фланцы фиксируют точеными пробками и поджимают Г-образными прихватками к фиксаторам. Затем фланцы закрепляют на трубе электроприхватками в четырех диаметрально расположенных точках. Далее фланцы освобождают от пневмоприхваток, пробок, регулируемую опору отводят, зачищают места электроприхваток, маркируют и отправляют на сварку. Сварку производят полуавтоматами на сборочных роликоопорах.

Секции мачт треугольного или квадратного сечений собирают из готовых поясов в объемном кондукторе, собранном на жестком основании, которое состоит из чугунных или стальных плит с пазами для крепления приспособлений (рис. 3.13).

К тумбам крепят фиксаторы болтами через отверстия в вертикальных плитах тумб. Пояса через фланцы закрепляют в фиксаторах, подтягивают их специальными болтами к одной из тумб. С противоположной стороны, оставляя технологический зазор для удобства выемки готовой секции из кондуктора, фланцы фиксируют оправками и клиньями. Установку фиксаторов и поясов в объемном кондукторе производят по геометрической схеме нижней плоскости секции, выполненной на опорной плите в соответствии с рабочим чертежом. По размеченной схеме устанавливают фиксаторы решетки и закрепляют их к стальной плите электроприхватками, к чугунной – болтами. Фиксаторами закрепляют элементы решетки и прихватывают к поясам электроприхватками. Убирают все фиксирующие пробки и болты, и собранную секцию из кондуктора

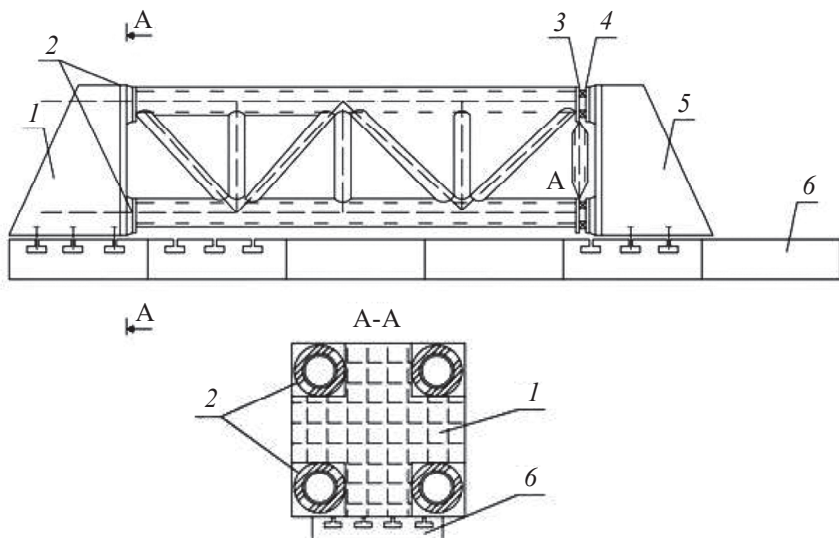


Рис. 3.13. Установка для укрупнительной сборки секций мачт:

1 – неподвижный упор-кондуктор; 2 – сменные фиксаторы; 3 – клинья; 4 – оправки;
5 – переставной упор-кондуктор; 6 – плита чугунная

краном убирают на стеллажи, где ее оформляют деталями площадок, маркируют, сдают ОТК и отправляют на сварку. Возможна сборка секций мачты из предварительно собранных плоскостей.

3.8. Изготовление горизонтальных резервуаров

На отечественных заводах металлических конструкций изготавливают резервуары вместимостью от 10 до 100 м³.

Резервуар состоит из днищ, стенки и колец жесткости, патрубков и опорных конструкций. Днища имеют коническое или овальное очертание. Коническое днище изготавливают из плоского конического листа путем вальцовки на листогибочных вальцах, овальное днище – штамповкой в холодном состоянии или вальцовкой на кромкогибочных машинах. Стенка горизонтального резервуара представляет собой цилиндрическую оболочку, собранную из лис-

товых заготовок. Стенка формируется из предварительно собранного плоского полотнища методом наворачивания. Схема стенда изготовления резервуаров методом наворачивания представлена на рис. 3.14.

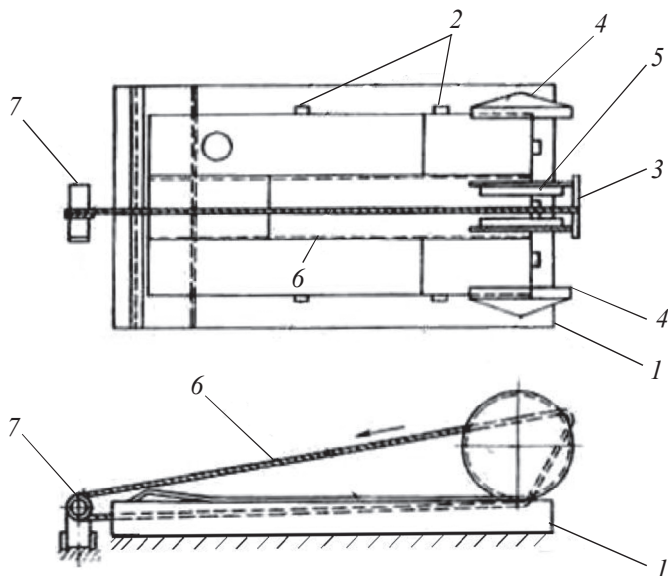


Рис. 3.14. Схема изготовления стенки горизонтальных резервуаров методом наворачивания:

1 – сборочный стенд; 2 – неподвижные упоры; 3 – вспомогательная балка; 4 – днища; 5 – ребра жесткости; 6 – канат; 7 – электролебедка

Процесс сборки стенки методом наворачивания состоит в следующем: на сборочной площадке, оборудованной системой неподвижных упоров, собирается полотнище стенки из отдельных, прошедших тщательную подготовку листов на поточной линии. Листы досылаются без выверки до неподвижных упоров, стыкуются и скрепляются сварочными прихватками в продольном и поперечном направлении сварочными автоматами.

Одновременно производится сборка основы будущего резервуара, состоящая из вспомогательной балки, соединяющей днища и ребра жесткости, в проектном положении.

Полотно стенки крепится к вспомогательной балке, к которой присоединен закольцованный канат электрической тележки. С помощью тянущего каната лебедки вся система днищ и колец жесткости наворачивается в сторону лебедки, наворачивая на себя полотнище стенки до получения цилиндрической оболочки. По ходу поворота стенка крепится прихватками к кольцам жесткости и днищам через 500...600 мм.

Собранный корпус резервуара перемещается на стенд сварки (рис. 3.15). Сварные стыковые швы как снаружи, так и изнутри выполняют сварочными автоматами.

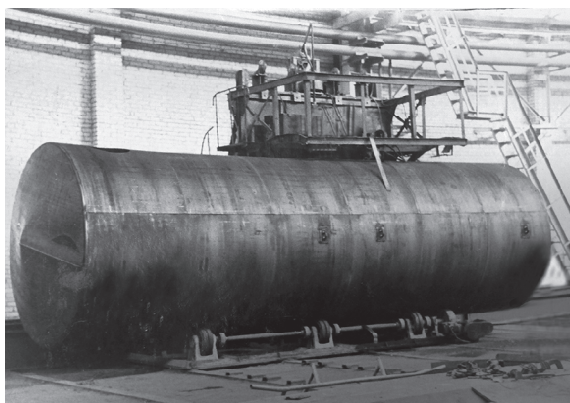


Рис. 3.15. Схема стенда автоматической сварки горизонтальных резервуаров

3.9. Изготовление вертикальных стальных резервуаров

Резервуары вертикальные стальные (РВС) предназначены для хранения и переработки различных жидкостей: воды, сырой нефти, нефтепродуктов. В зависимости от назначения, степени ответственности и района строительства вертикальные стальные резервуары имеют различное конструктивное решение:

- резервуары со стационарной крышей;
- то же с наличием понтона;

- резервуары с плавающей крышей;
- резервуары с дополнительной защитной стенкой;
- резервуары с предварительно напряженной стенкой.

Основные конструктивные элементы РВС: днище, спинка, крыша, понтон, патрубки, система контролирующих приборов и обслуживающая лестничная вышка.

В практике отечественного резервуаростроения применяются два способа возведения РВС – полистовая сборка из готовых вальцованных листов (лепестков) и метод рулонирования.

Возведение РВС предусматривает поярусную сборку из отдельных лепестков или сборку укрупнительными блоками, собираемыми в кондукторе. Этот способ возведения РВС до сих пор используется в мировой практике.

В нашей стране применяются оба способа возведения РВС. Большой интерес представляет способ рулонирования. Особенность его в том, что днище и стенка резервуара изготавливаются (собираются) в заводских условиях в виде рулона, скрученного из полотнища вокруг обслуживающей РВС вышки. Схема установки рулонирования приведена на рис. 3.16.

Установка рулонирования состоит из четырех основных технологических участков, двух барабанов, грузоподъемного механизма и платформы готовых рулонов.

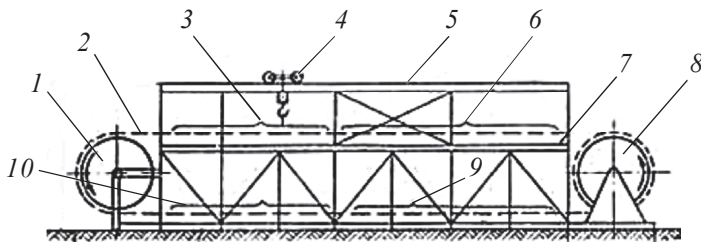


Рис. 3.16. Установка для изготовления полотнищ рулонных заготовок:

- 1 – кружало; 2 – полотнище; 3 – участок автоматической сварки; 4 – кран-балка;
 5 – подкрановый путь; 6 – участок сборки; 7 – верхняя рабочая площадка;
 8 – приспособление для рулонирования; 9 – участок контроля сварных швов;
 10 – нижняя рабочая площадка

Технологическая последовательность рулонирования: подготовленные плоские листы укладывают в шахматном порядке на сборочную плиту с неподвижными упорами с помощью грузоподъемных механизмов (электротали, магнитоукладчики), соединяя их с накладкой сварочными прихватками (первый участок). После проверки качества сборки ОТК полотнище подается на второй участок, где производится наложение стыковых сварных швов сварочными автоматами. Далее полотно подается на третий участок с помощью кантовочного барабана, где происходит наложение сварных швов наружной стороны сварочными автоматами. На четвертом участке производится оценка качества сварных швов рентгеновским или другим способом. При обнаружении дефектов в швах выполняют их очистку и исправление дефекта.

Далее полотнище подается на приемный барабан (обслуживающая вышка), скручивается в рулон и скатывается на приемную площадку.

3.10. Робототехника

Перспективным направлением при производстве металлических строительных конструкций является внедрение робототехники при выполнении заготовительных и сборосварочных работ. Применение роботов позволяет повысить качество сварных изделий, уменьшить трудоемкость выполнения газорезательных и сварных операций; имеется робот по образованию отверстий под болты и заклепки.

Однако применение роботов в технологическом процессе ведет к росту требований к разработке технологии изготовления конструкций: это повышенные требования к припускам и допускам при изготовлении деталей конструкций, стабильность положения сварочных швов в пространстве, наличие программного обеспечения, высокое качество сварочных материалов, достаточная квалификация операторов, обслуживающих роботы. Повышается интеллектуальный уровень производства изделий.

Применение роботов возможно при наличии определенных условий: при соблюдении допустимых размеров и формы их рабочего пространства, скорости перемещения рабочего органа, особенностей управления [14].

Робот состоит из базового механизма, обеспечивающего три степени подвижности, а требующиеся дополнительные степени подвижности обеспечивает механическое устройство (кость робота), к которому крепится рабочий инструмент (сварочная или газорезательная головка (резак), сверло, клещи и т. д.).

Базовый механизм робота может быть выполнен в прямоугольной (декартовой), цилиндрической, сферической и ангулярной (антропоморфной) системах координат (рис 3.17, 3.18).

Система координат базового механизма определяет конфигурацию и габариты рабочего пространства робота, в пределах которого осуществляется перемещение рабочего органа (газорезательного мундштука, держателя сварочной головки и т. д.).

Роботы могут быть оснащены гидравлическим, электромеханическим или пневматическим приводами. Выбор того или иного привода диктуется сложностью выполняемых операций, габаритностью изделия, требованиями точности, быстродействием и необходимой степенью подвижности.

Гидравлический привод используется при необходимости управления инструментом с большой точностью. Пневмопривод прост и используется при выполнении несложных операций, в которых по каждой степени подвижности выполняют два положения инструмента. Электропривод требует сложных редукторов, но зато прост в обслуживании и обладает быстродействием, точностью и применяется чаще всего при сборке деталей, при погрузо-разгрузочных, транспортных работах.

На современных промышленных предприятиях для выполнения газовой резки и сварки применяют роботы с шестью степенями подвижности (рис. 3.19).

Существует ряд систем управления движением инструмента робота: цикловые, позиционные, контурные.

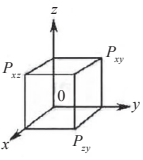
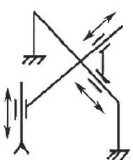
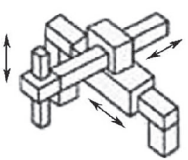
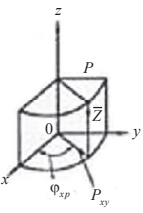
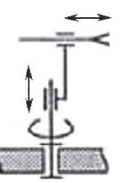
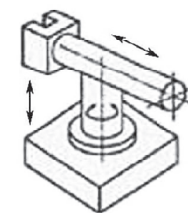
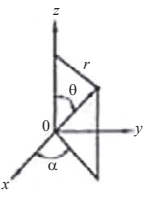

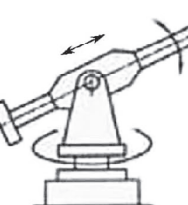
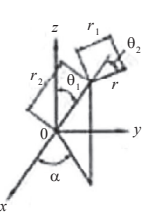

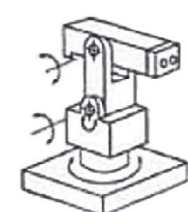
	Системы координат	Кинематическая схема	Конструктивная схема
Прямоугольная			
Цилиндрическая			
Сферическая			
Антропоморфная			

Рис. 3.17. Основные схемы базовых механизмов роботов

Программа выполнения операций дуговой сварки вводится в память робота оператором в режиме обучения. Оператор последовательно подводит горелку к ранее намеченным опорным точкам и вводит их координаты в систему управления с указанием траектории между ними: прямая, кривая или окружность.

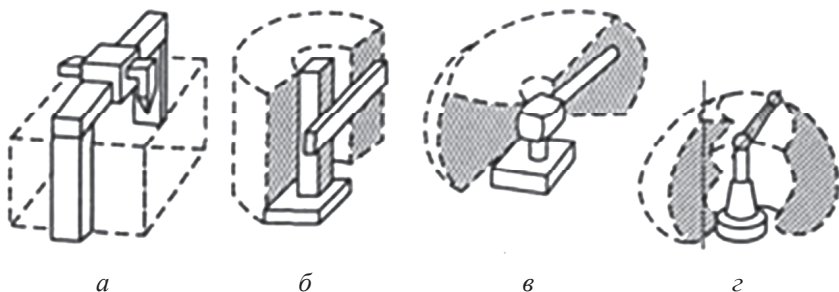


Рис. 3.18. Рабочее пространство роботов с прямоугольной (а), цилиндрической (б), сферической (в) и антропоморфной (г) системами координат

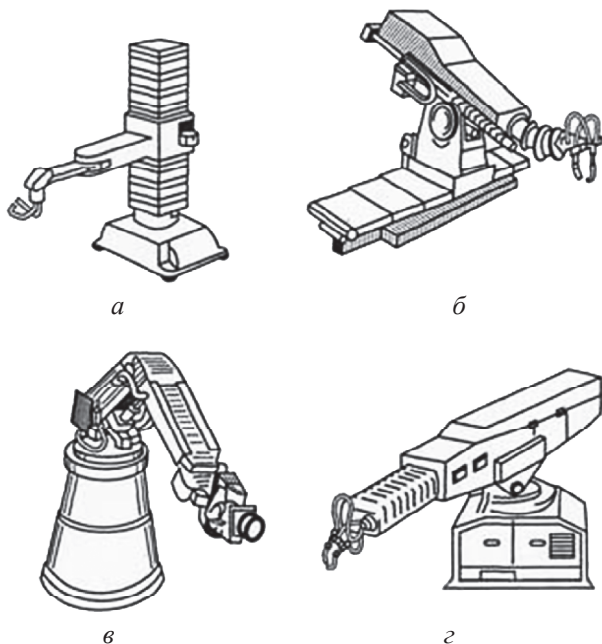


Рис. 3.19. Конструкция роботов с шестью степенями подвижности (свободы):
а – горизонтальный-80 (Франция); б – «Жолли-80» (Италия);
в – рычажный GCH (США); г – «Полярный-6000» (Италия)

Одновременно в память системы вводятся параметры режима сварки (скорость перемещения горелки, сила тока и др.).

В мелкосерийном производстве применяют роботы с другим способом обучения. На горелке устанавливается наконечник, который вручную перемещается вдоль будущего сварного соединения, касаясь наконечником свариваемых кромок соединяемых деталей. Сигнал от датчика, фиксирующего перемещения наконечника, вводится в систему управления в виде координат точек, отстоящих на определенном расстоянии.

Промышленный робот является манипулятором инструмента.

Роботы различаются по устройству захватного приспособления: могут быть механическими, вакуумными, магнитными.

Для направления сварочной или газорезательной головки применяют различные датчики положения инструмента, они могут быть контактными и бесконтактными. Контактные датчики с копирными роликами могут быть соединены со сварочными или газорезательными головками через управляющее механическое устройство для их смещения в нужном направлении.

Пневматические и электромеханические датчики содержат следящий элемент – шуп, который с небольшим усилием (1...10 Н) прижимается к месту реза или сварки спереди или сбоку.

Контактный сигнал от шупа преобразуется в электрический электроконтактными, фотоэлектрическими, резисторными или дифференциально-трансформаторными преобразователями (рис. 3.20).

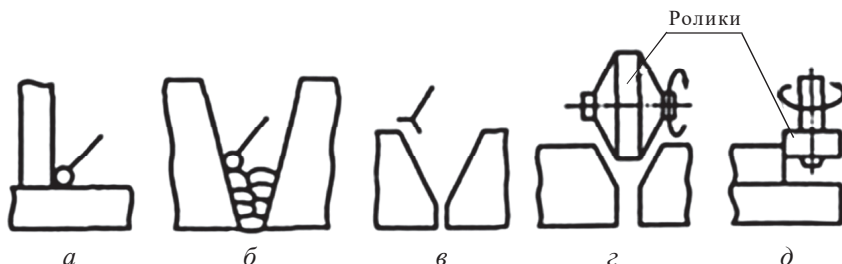


Рис. 3.20 Контактные датчики сварочного инструмента:

а, б, в – шупы; г, д – копировальные ролики

К бесконтактным датчикам относятся телевизионные, фотоэлектрические, индуктивные и др. Датчики снимают информацию о движении инструмента (сварочной горелки).

В практике применяют роботизированные технологические комплексы (РТК), в которые входят робот, манипулятор. Манипулятор изделия дополняет степень подвижности робота.

Технологии производства стальных строительных конструкций с применением робототехники могут быть применены:

- в многосерийном производстве при изготовлении листовых деталей с отверстиями;
- в поточной линии по изготовлению перфорированных двутавровых профилей;
- при сборосварке двутавровых балок (сборка балок в вертикальном положении без наложения прихваток);
- при сборосварке трубопроводов большого диаметра;
- при сборосварке крупногабаритных узлов из листовых деталей или труб;
- при производстве замкнутых тонкостенных профилей.

Глава 4

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ

В процессе выполнения разделительных операций при обработке высокопрочных сталей (раскрой листа, поперечная резка профилей и др.) в основном применяют различные виды термической резки:

- кислородно-газовую резку;
- кислородную резку с завесой;
- резку кислородом низкого давления;
- лазерную резку;
- гидроабразивную резку.

Резка производится без предварительного прогрева проката.

Кромки деталей из сталей класса С375...С590 строгаются (за исключением лазерной и гидроабразивной резки).

Воздушно-плазменную резку листового проката толщиной $t \leq 30$ мм следует применять при вырезке:

- деталей, имеющих технологические припуски;
- деталей, кромки которых подлежат механической или тепловой обработке для получения скосов под сварку.

Кислородную резку с завесой следует применять:

- при вырезке деталей, к кромкам которых предъявляются повышенные требования по чистоте поверхности;
- при обработке листового проката толщиной не более 40 мм;
- при вырезке деталей из низколегированных сталей повышенной и высокой прочности, кромки которых не подлежат обязательной обработке механическим способом после термической резки.

В целях снижения деформаций, возникших при термической резке, следует

- роспуск листов на полосы производить на стационарных машинах одновременно двумя или несколькими резаками;

- не размыкать контур отхода при вырезке деталей из одного листа, различных по размеру;
- отверстия в деталях вырезать до завершения резки наружного контура;
- резку листа толщиной до 16 мм, производить, отступив от края листа не менее 70...100 мм, оставленную перемычку разрезать после окончательной резки деталей;
- при роспуске листов на полосы с помощью переносных газорезательных агрегатов, а также при вырезке крупных деталей оставить перемычки длиной не менее 15 мм;
- при резке деталей:
 - $b \leq 100$ мм – через 300 мм;
 - $b \leq 200$ мм – через 1000 мм;
 - $b \leq 300$ мм – через 1500 мм;
 - $b > 300$ мм – через 2500 мм.

Особенности сборосварки конструкций из высокопрочных сталей. Сборку конструкций из высокопрочных сталей следует производить с соблюдением следующих требований:

- собирать только в сборочных кондукторах;
- все места наложения сварных швов очистить до блеска на ширину, равную толщине листа плюс по 20...25 мм в каждую сторону;
- приварку временных приспособлений (распорок, упоров и т. д.), удаляемых после сборки или сварки, следует производить электродами типа Э50А.

При сварке собранных конструкций, выполненных из высокопрочных сталей, следует учитывать следующие требования:

- для сварки конструкций из сталей класса С440, С590 электрошлаковую сварку не выполнять;
- при сварке конструкций из сталей С440 и выше зону сварки следует предварительно подогревать до температуры 120...160 °С на ширине 100 мм с каждой стороны соединения (при ручной и полуавтоматической сварке);
- автоматическую сварку под слоем флюса производить при температуре не ниже –15 °С для сталей толщиной до 25 мм и не ниже 0 °С – для сталей толщиной 25...36 мм; при более низких тем-

пературах сварку следует выполнять с предварительным подогревом свариваемого металла до температуры $t = 120...160\text{ }^{\circ}\text{C}$; при $t > 36\text{ мм}$ требуется подогрев всего листа;

– сварку конструкций из сталей класса С440, С590 и выше допускается выполнять при $t \geq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ окружающего воздуха.

Глава 5

ПОТОЧНЫЕ ЛИНИИ

Производительность труда является основным критерием оценки любого технологического процесса. Повышение производительности труда заключается в том, что, увеличивая долю прямого труда, сокращают долю живого труда и тем самым сокращают общее количество труда на изготовление единицы изделия.

Механизация и автоматизация промышленного производства – основное средство сокращения живого труда и повышения его производительности.

Под механизацией промышленного производства понимают замену в нем ручного труда работой машин и замену менее современных машин более современными.

Автоматизация промышленного производства является высшей ступенью механизации, позволяющей осуществлять промышленное производство без непосредственного участия человека.

В автоматизированном и механизированном производстве выполнение работ производится при помощи полуавтоматов, автоматов и поточных линий.

Полуавтомат автоматически производит выполнение остановки, пуска, наладки. Смена инструментов, их раскладка, удаление отходов осуществляются оператором.

Автомат выполняет работы без непосредственного участия человека (подача, установка, выполнение основных операций, снятие предмета труда, удаление отходов из зоны производства). Человек обеспечивает подачу объекта труда, доставку необходимых материалов, наладку автоматов, контроль обработки, смену инструментов и удаление отходов за зону работы оборудования.

Поточной линией называются комплекс основного и вспомогательного подъемно-транспортного оборудования, предназначенного для двух основных технологических операций.

Каждая единица оборудования поточной линии закреплена для выполнения определенной операции и расположена в соответствии с последовательностью выполнения технологических операций. Это дает возможность сокращать производственный цикл, совершенствовать оборудование.

Поточные линии по изготовлению металлических конструкций специализированы: это линии изготовления деталей, сборки и сварки конструкций, окраски.

В заготовительных цехах поточные линии специализированы по виду металлопроката:

- поточная линия обработки листа;
- поточная линия обработки профильного металлопроката.

В сборосварочных цехах поточные линии специализированы по виду конструкций. Существуют поточные линии для

- сборки колонн;
- сборки ферм;
- сборки подкрановых балок;
- сборки связей.

На Нижне-Исетском ЗМК функционировали две поточные линии:

- по сборке двутавровых стержней;
- по изготовлению резервуаров.

Поточные линии по своему составу бывают

- замкнутые;
- разомкнутые.

В замкнутых поточных линиях металл подается на начало технологических операций подъемно-транспортными средствами. Внутри подача деталей осуществляется местными подъемными устройствами. По окончании операции используют цеховые подъемные установки.

В разомкнутых поточных линиях металл подается подъемно-транспортными средствами, перемещение от одной операции к другой осуществляется цеховым оборудованием.

Рассмотрим поточную линию обработки листа толщиной 10 мм (рис. 5.1). Протяженность поточной линии 90 м, ширина 20 м. Обработка листа 16,0 тыс. т/год.

Участок правки (I):

- 1 – магнитоукладчик;
- 2 – пути магнитоукладчика;
- 3 – подающие рольганги;
- 4 – 11-валковая листоправильная машина.

Участок очистки и консервации листа (II):

- 5 – кантователь, который переворачивает лист из горизонтального положения в вертикальное;
- 6 – дробеметная камера (лист в вертикальном положении очищается чугунной дробью);

7 – камера окраски;

8 – камера сушки.

Участок продольной резки (III):

- 9 – движущиеся тележки;
- 10 – спаренные двухдисковые ножницы.

Участок поперечной резки (IV):

11 – гильотинные ножницы.

Участок подгибки кромок (V):

12 – кромкогибочный пресс;

13 – толкатель;

14 – стеллаж-накопитель.

Рассмотрим схему поточной линии обработки профильного металлопроката (рис. 5.2).

На данной поточной линии обрабатываются профили: уголок $50 \times 5 \dots 200 \times 30$; швеллер, двутавр № 10...50; стержни длиной 12 000 м. Производительность 20...25 тыс. т.

Участок (правки уголков) ($I_{(1)}$):

- 1 – загрузочный стеллаж;
- 2 – подающий рольганг;
- 3 – углоправильные вальцы;
- 5 – приемный рольганг;
- 6 – стеллаж.

Участок (правки) швеллеров, двутавров ($I_{(2)}$):

- 4 – кулачковый пресс.

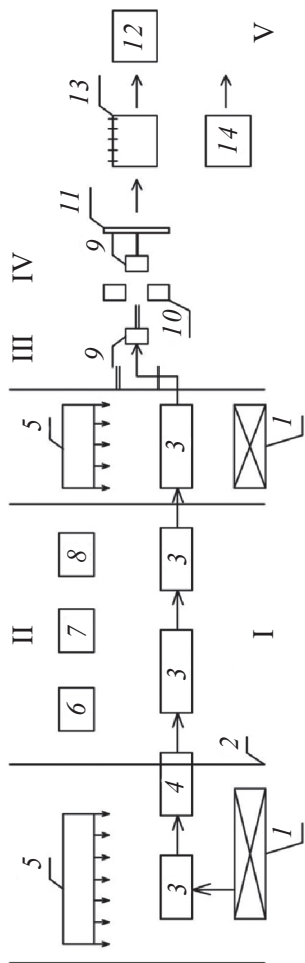


Рис. 5.1.1. Поточная линия обработки листа толщиной 10 мм

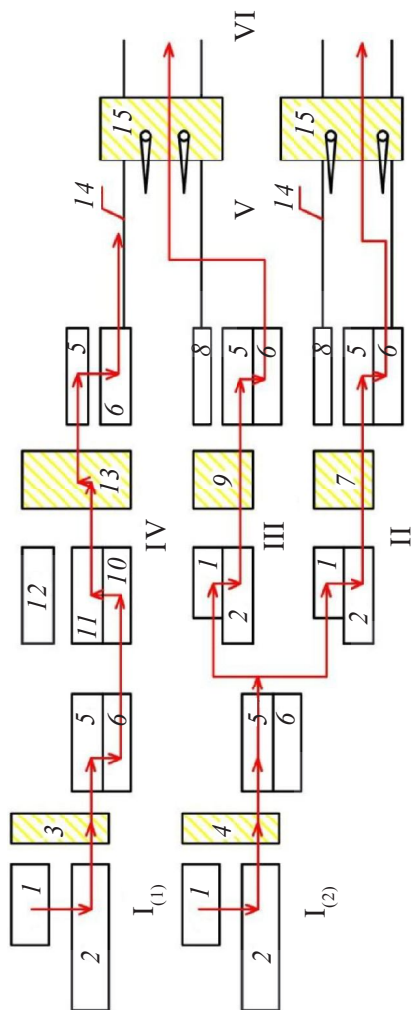


Рис. 5.2. Схема поточной линии обработки профильного металлопроката (разомкнутая)

Участок механической резки балки, швеллера (II):

7 – пресс-ножницы;

8 – упор-измеритель.

Участок механической резки уголка (III):

9 – пресс-ножницы (Н-1434).

Участок механической резки с одновременным образованием отверстий в полке уголка (IV):

10 – подающее устройство;

11 – подающий рольганг;

12 – делительное устройство;

13 – гидравлический пресс ПО-634 (режет уголок и образует отверстия одновременно).

Участок образования отверстий (V):

14 – пути сверлильного станка;

15 – двухстоечный сверлильный станок.

Участок очистки и консервации металлопроката (VI).

Технические характеристики поточной линии обработки труб (рис. 5.3):

Участок правки (I):

1 – загрузочный стеллаж;

2 – подающий рольганг;

3 – горизонтальный гидравлический пресс усилием 400 т;

4 – промежуточный стеллаж;

5 – приемный рольганг.

Участок очистки и консервации труб (II):

6 – иглофрезерная машинка;

7 – стеллаж, по которому перекачивается труба (под углом);

8 – камера окраски;

9 – камера сушки.

Участок криволинейной резки труб (III):

10 – горизонтальный автомат для резки труб (РС-108);

11 – специальное устройство, которое позволяет резать детали определенной длины;

12 – стеллаж – накопитель деталей.

Участок прямолинейной резки труб (IV):

13 – горизонтальный автомат.

Состав поточной линии обработки балки и швеллера («Ролд энд Пол») (рис. 5.4):

Участок механической резки (I):

1 – разгрузочный механизм;

2 – подающий рольганг;

3 – дисковая пила;

4 – приемный рольганг.

Участок образования отверстий в стенке (II):

6 – многошпиндельный вертикальный сверлильный станок ($\varphi_{\max} = 32 \text{ мм}$);

7 – промежуточный стеллаж.

Участок образования отверстий в полке (III):

5 – вертикальный сверлильный станок;

8 – передаточные скреперы (передают механизированным способом металлопрокат).

На рис. 5.5 представлена схема поточной линии сборки двутавровых стержней (максимальная длина элементов 12 000 мм).

Участок предварительной стыковки стенки (I):

1 – сварочные головки.

Участок правки стенки (II):

2 – подъемный рольганг;

3 – листоправильные валцы;

4 – приемный рольганг.

Участок механической резки стенки (III):

5 – гильотинные ножницы.

Участок правки (IV):

6 – листоправильная машина.

Участок сборки стержней (V):

7 – специальный стенд.

Участок автоматической сварки (VI):

8 – автоматическая двухдуговая головка Д-629.

Участок правки грибовидности (VII):

9 – машина правки грибовидности.

Участок фрезеровки концов (VIII):

10 – торцефрезерная машина.

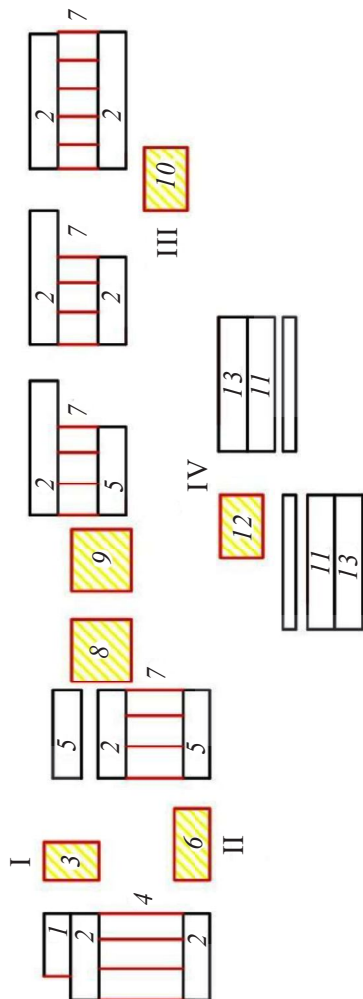


Рис. 5.3. Схема поточной линии обработки труб

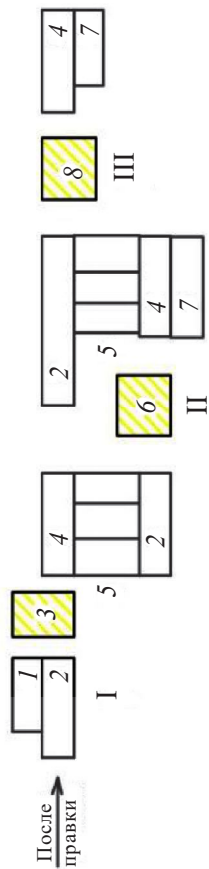


Рис. 5.4. Схема поточной линии обработки балки и швеллера («Ролд энд Пол»)

На рис. 5.6 представлена схема поточной линии горизонтальных резервуаров.

Участок сборки и сварки полотнища резервуара (I):

1 – место сборки полотна (автоматическая);

2 – место рулонирования корпуса резервуара.

Участок сварки кольцевых и продольных швов (автоматическая с использованием глагольных тележек) (II):

3 – сварочный стенд;

4 – глагольные тележки;

5 – пути тележек;

6 – поперечный транспортер (где заваренные корпуса временно хранятся, а также перемещаются);

7 – направляющие, по которым перемещаются резервуары.

Участок дробеструйной очистки (III):

8 – дробеочистительная камера;

9 – камера механизированного нанесения металлического покрытия 180 мк.

Участок соединения полукорпусов резервуаров (IV):

10 – роликовый стенд;

11 – сварочный стенд.

Участок сварки наружных кольцевых швов (V).

Участок сварки внутренних кольцевых швов (VI).

Участок проверки качества сварных швов (VII).

Участок изготовления мелких деталей резервуаров (комплект) (VIII).

Участок изготовления днищ (IX):

12 – заварка днища;

13 – образование корпуса;

14 – отбортовка днища;

15 – камера дробеструйной очистки;

16 – металлизация днища.

Участок изготовления колец жесткости (X):

17 – подающий рольганг;

18 – сортогибочная машина;

19 – стол сортогибочной машины;

20 – сварка;

21 – камера дробеструйной очистки;

22 – камера металлизации.

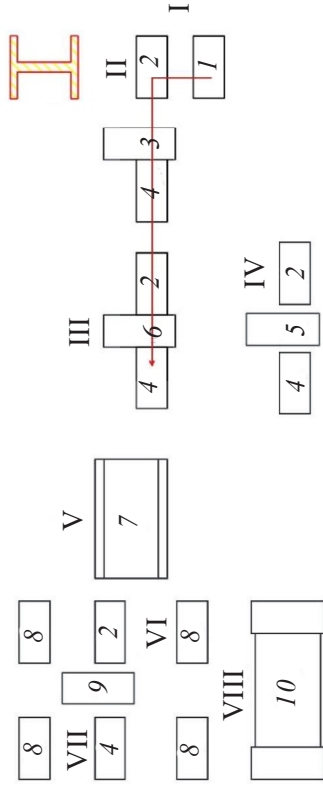


Рис. 5.5. Поточная линия сборки двутавровых стержней

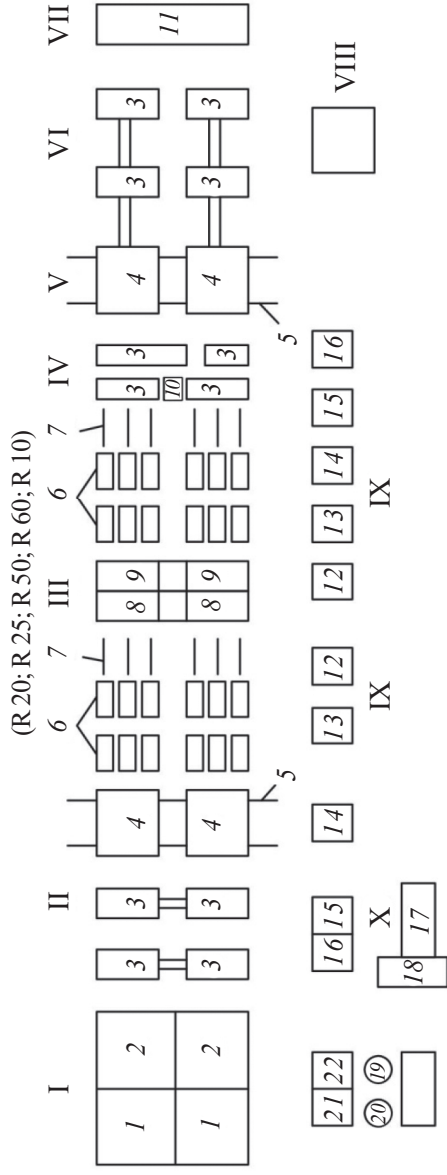


Рис. 5.6. Схема поточной линии горизонтальных резервуаров

Глава 6

АНТИКОРРОЗИЙНАЯ ЗАЩИТА КОНСТРУКЦИЙ

6.1. Защита металлических конструкций лакокрасочными материалами

Лакокрасочное покрытие на очищенную поверхность металла наносят различными способами в зависимости от конфигурации конструкции: пневматическим распылением, безвоздушным распылением, струйным обливом, окраской вручную кистью.

При пневматическом распылении лакокрасочные материалы сжатым воздухом превращаются в тонкую дисперсную массу, которая через сопло диаметром 1...2 мм наносится на поверхность металла. Таким методом получают покрытия всех классов независимо от сложности поверхности и применяемых материалов. Покрытие наносят ручными краскораспылителями, к которым подается очищенный сжатый воздух от индивидуального компрессора или от общей заводской сети (рис. 6.1).

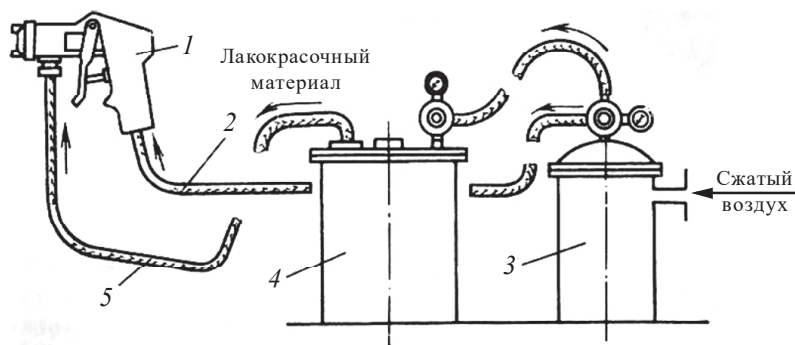


Рис. 6.1. Установка для пневматического распыления:

1 – краскораспылитель; 2 – шланг для подачи сжатого воздуха; 3 – маслоотделитель;
4 – красконагнетательный бак; 5 – шланг для лакокрасочного материала

В основе процесса безвоздушного распыления – способность лакокрасочных материалов распыляться за счет резкого падения давления от 100...150 МПа до атмосферного. Происходит мгновенное испарение части растворителей, увеличение объема красящего материала и формирование факела краски с четкими границами и почти одинаковой плотностью по всему сечению. Преимущество способа заключается в том, что значительно уменьшаются туманообразование, потери лакокрасочного материала, улучшаются условия труда рабочих, повышается производительность труда. При безвоздушном распылении применяют установки «Радуга», «Факел-3» и Viza (рис. 6.2), 2600Н, 7000Н.

Технические характеристики Viza 1: расход краски 400...950 г/мин, ширина факела 80...350 мм, рабочее давление воздуха 0,4...0,7 МПа, наибольшее давление краски 16 МПа, емкость для краски 20 л, расход воздуха 7,5 м³/ч, габаритные размеры в плане 320 мм, высота 730 мм.

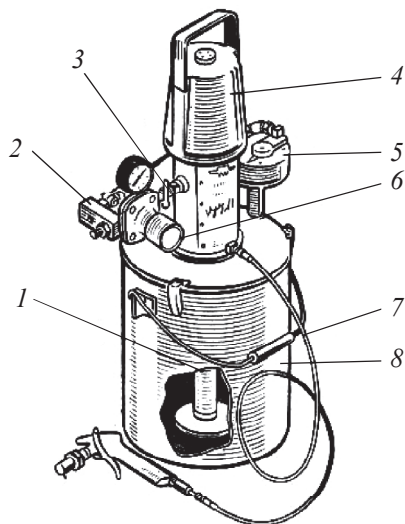


Рис. 6.2. Установка Viza 1:

1 – поршневой насос; 2 – пневмопривод; 3 – трехходовой кран; 4 – двигатель;
5 – ротационный мотор; 6 – клапан; 7 – шланг; 8 – сосуд для лакокрасочных материалов

Метод струйного облива применяется в основном на заводах, производящих панельные переплеты. Конструкции окрашиваются соплами, установленными по контуру конструкций. После окраски конструкции помещают в камеру, где выдерживают определенное время в парах растворителей. Процесс формирования покрытия (высыхания краски) задерживается из-за избытка паров растворителей; избыточный лакокрасочный материал стекает с конструкции, а оставшийся равномерно распределяется по поверхности.

Наиболее эффективным с точки зрения экономии лакокрасочных материалов является ручной способ нанесения покрытия, но он очень трудоемок и непроизводителен.

Для защиты металлических конструкций применяют грунтовки ГФ-020, ФЛ-03-К, ГФ-021, а также грунтовку на основе железного сурика густотертого и олифы оксоль.

На конструкции, эксплуатируемые в условиях неагрессивной среды, наносят в один слой грунтовку из железного сурика и олифы оксоль. Для таких конструкций могут быть использованы грунтовки ГФ-020 или ГФ-021.

Конструкции, эксплуатируемые в слабоагрессивных средах, покрывают грунтовкой ГФ-020 в один слой, а в средне- и сильноагрессивных – в два слоя.

Грунтовку ФЛ-03-К используют для особо ответственных конструкций. Грунтовку на основе перхлорвинилового связующего ХС-010 наносят только на поверхность металла, очищенную пескоструйным способом.

Для защиты металлических конструкций используют эмали:

- на основе пентафталевого связующего – ПФ-133 (наносят по грунтовкам ГФ-020 или ФЛ-03К);

- на основе перхлорвинилового связующего – ХВ-110 (наносят по грунтовкам ГФ-020, ГФ-0119, ФЛ-03К, ПФ-020, при защите оцинкованной стали и алюминия эмаль наносят по грунтовкам ФЛ-03Ж и АК-070).

Краска МА-011, лак ВТ-577 и органосиликатный краситель ОС-12 наносят на поверхность конструкции без грунта. При этом требуется дробеструйная или дробеметная обработка металла.

После нанесения лакокрасочные покрытия конструкций требуют сушки в естественных условиях при температуре 20...+2 °С в течение 24 ч, за исключением грунтовок ГФ-020 (48 ч).

Двухслойные покрытия проходят послойную естественную сушку в течение 12...16 ч.

Расход лакокрасочных материалов определяют по формуле

$$N_p = S \cdot N_H,$$

где N_H – нормативный расход материалов, г/м²; S – площадь покрытия, м²;

$$N_H = \frac{m\gamma \cdot 100}{p(1-k)},$$

где m – толщина покрытия (при грунтовании 12...15 мкм, при окраске 50...80 мкм); γ – плотность пленки, г/см³; p – сухой остаток, %; k – коэффициент потерь.

На многих заводах металлические конструкции окраску проходят на поточных линиях.

6.2. Защита строительных конструкций металлическими покрытиями

При изготовлении строительных металлических конструкций защиту поверхности металла осуществляют путем нанесения металлических покрытий. Наиболее распространенными методами являются металлизация и горячее цинкование.

Металлизация. Это процесс напыления расплавленного металла на обрабатываемую поверхность струей сжатого воздуха или инертного газа. Для напыления используют ручные или стационарные электрометаллизаторы, которые располагают на расстоянии 80...120 мм от обрабатываемой поверхности. Поверхность стали обрабатывается дробеструйным методом.

В качестве материала для напыления применяют цинковую проволоку (Ц1) диаметром 2...2,5 мм; к соплу электрометаллизатора подают проволоки электрода, между ними возникает электри-

ческая дуга, в пламени которой расплавляется материал проволоки. Расплавленный металл напыляется на обрабатываемую поверхность через сопло сжатым воздухом, очищенным от масла и воды. В процессе напыления теряется 30...40 % расплава в виде пыли и паров. Электрометаллизаторы работают от постоянного тока.

Более экономичным и производительным является способ защиты металла горячим цинкованием. Поверхность металла вручную обезжиривают органическими растворителями, после чего подвергают травлению в среде серной кислоты. Следующим этапом является горячая промывка при температуре 50...70 °С и холодная промывка при температуре 18...20 °С.

Очищенную поверхность металла подвергают флюсованию, в результате которого удаляют последние остатки окислов и других загрязнений. В качестве флюса применяют в основном хлористый цинк. Кроме того, в результате работы гальванической цепи на поверхности стали во флюсе осаждается тончайшая пленка металла покрытия, вследствие чего создается возможность улучшить контакт металла покрытия с основным металлом. В состав флюса входят вода (66 %), хлористый цинк (17 %), хлористый аммоний. После флюсования конструкции сушат при температуре 120...160 °С, затем помещают в ванны с расплавленным цинком марки Zn_3-Zn_4 , при этом толщина покрытия составляет 100...150 мкм. Качество оцинкования проверяют путем нанесения на оцинкованную поверхность сетки 1 × 1 мм режущим инструментом. Если покрытие не отслаивается, оцинкование проведено качественно. Покрытие метизов осуществляют гальваническим способом, создавая толщину покрытия 15...18 мкм. При горячем цинковании расходуется до 60 кг цинка на 1 т конструкций, при металлизации – до 40 кг.

Для уникальных и ответственных конструкций применяют комбинированное покрытие: на металлическое покрытие наносят 2...3 слоя лакокрасочного. Это резко увеличивает долговечность конструкций (до 30...40 лет) без дополнительных покрытий.

Цинкование стального листа ведут на непрерывных поточных линиях.

Алюминирование. Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что алюминиевые покрытия в 5...6 раз устойчивее цинкового при одинаковой массе и в 2,5 раза – при одинаковой толщине. Горячее алюминирование листовой стали осуществляют в основном на непрерывных линиях цинкования.

Алюминирование по методу Сендзимира заключается в следующем. Стальной лист нагревают в печах с окислительной атмосферой до температуры 450 °С, в результате чего происходит окончательное сгорание остатков смазки, загрязнений и на поверхности стали создается тонкая пленка окислов железа. Затем лист подают в печь с восстановительной атмосферой, где происходит восстановление пленки окислов при температуре 730...800 °С. Охлажденную полосу пропускают через ванну с алюминиевым расплавом, охлаждают и сматывают в рулон.

Возможны добавки в алюминиевый расплав различных элементов, которые позволяют снизить толщину защитного покрытия, изменить окраску поверхности, прочность и стойкость его к высоким температурам. Наиболее распространенной добавкой является кремний в количестве 2...6 %, который увеличивает стойкость покрытия от растрескивания при штамповке и изгибе.

Глава 7

ТРУДОЕМКОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

7.1. Структура трудозатрат

Трудозатраты на изготовление конструкций включают в себя труд рабочих, непосредственно занятых на основных и вспомогательных операциях, и труд работников, которые осуществляют организацию, подготовку технологического процесса (инженерно-технический и вспомогательный персонал). Трудозатраты на основные операции включают время, затрачиваемое рабочими на обработку металла, сборку, сварку, окраску и транспортировку конструкций.

Трудозатраты на вспомогательные операции включают время, затрачиваемое на подготовку рабочего места, вызов крана, подготовку инструмента, оборудования и пр.

Таким образом, трудоемкость каждой операции определяется по формуле

$$T_{\text{оп}} = (T_{\text{о}} + T_{\text{в}}) \cdot \rho,$$

где $T_{\text{о}}$ – продолжительность выполнения основных работ, ч; $T_{\text{в}}$ – продолжительность выполнения вспомогательных работ, ч; ρ – число рабочих, занятых на выполнении операции.

Трудоемкость изготовления всей конструкции (марки) определяется как сумма затрат труда на отдельные операции:

$$T = \sum T_{\text{оп}}.$$

Трудоемкость выполнения отдельных операций различна. Разметка, механическая и кислородная резка металла вместе составляют около 65–70 % от общих трудозатрат; операции продавливания, сверловки отверстий, правки, гибки составляют по отдельности 7–10 % от общих трудозатрат. В прил. 2 приведены данные

о трудоемкости отдельных операций в процессе изготовления различных металлических конструкций. Доля трудозатрат на вспомогательные операции от общих трудозатрат составляет значительную величину. При резке металла вспомогательные операции составляют по трудозатратам до 70 %, при разметке и кислородной резке – 30–40 %, при продавливании и сверлении отверстий – до 50–65 %.

Трудоемкость изготовления механических конструкций измеряют в человеко-часах. Основным показателем трудоемкости считают удельную трудоемкость, измеряемую в человеко-часах на 1 т конструкций (чел.-ч/т). Трудоемкость изготовления конструкций из стали класса (С235, С245) можно определить по графикам, приведенным на картах № 1–16 (прил. 2).

На трудоемкость изготовления металлических конструкций существенное влияние оказывает марка стали. Повышенные прочностные свойства стали затрудняют сварку, увеличивают трудозатраты.

Повышение трудоемкости операций при изготовлении металлических конструкций из сталей повышенной и высокой прочности определяют путем использования повышающих коэффициентов (табл. 7.1).

На трудоемкость сопротивления конструкций влияет также и серийность. Корректировку трудоемкости следует производить с помощью коэффициентов (табл. 7.2).

Комплексные нормативы затрат труда на изготовление конструкций. Нормативы распространяются на заводы строительных стальных конструкций общего назначения единичного и мелкосерийного характера производства, изготавливающие конструкции промышленных зданий с применением высокопроизводительного оборудования и передовых технологических процессов, эффективных средств механизации, прогрессивных форм организации производства и труда.

Комплексные нормы выписаны из сборника «Комплексные нормативы затрат труда на изготовление типопредставителей конструктивных элементов промышленных зданий», утвержденных Министерством монтажных и специальных строительных работ СССР 20 ноября 1979 г.

Приведены общие нормативы штучно-калькуляционных затрат труда и отдельные – для изготовления полуфабриката, слесарно-сборочных, электросварочных, малярных работ. Нормативы приведены в человеко-часах на 1 т массы изделия.

На картах № 1–16 приведены графики зависимости удельных затрат труда на изготовление наиболее распространенных типов конструкций от их массы, полученных на основе формулы

$$t = \frac{a}{Q^b},$$

где t – затраты труда для заданной массы конструкции, чел.-ч/т; a – параметр удельной трудоемкости при массе конструкции 1 т, чел.-ч; b – параметр степени; Q – масса конструкции, т.

Значения параметров a и b для каждого типа конструкций даны в картах № 1–16.

В таблице приведены затраты труда на технологические операции изготовления полуфабриката (% от норматива изготовления полуфабриката). Затраты труда на стыковку листового проката и окраску масляными красителями и нитролаками учтены в комплексных нормативах.

Нормативы предусматривают одновременное изготовление партии 3–5 однотипных элементов, имеющих одинаковые технические и конструктивные параметры. При изготовлении партии, состоящей из большого количества элементов, следует применять поправочные коэффициенты (см. табл. 7.1). Нормативы определены для конструкций, изготавливаемых из сталей классов С235, С245. При изготовлении конструкций из стали повышенной, высокой прочности классов С255 и более приведенные нормативы необходимо умножать на поправочные коэффициенты (см. табл. 7.2).

При изготовлении конструкций из труб нормативы времени следует умножать на коэффициент $k = 0,85$.

В нормативы затрат труда входят затраты на окраску масляными красителями и нитролаками для конструкций (чел.-ч/т):

- массой до 1 т включительно 0,42;
- массой более 1 т 0,13.

Т а б л и ц а 7.1

**Поправочные коэффициенты,
учитывающие применение сталей повышенной и высокой прочности**

№	Типопредставитель	Шифр типо- предста- вителя	Класс стали					
			C235 C285	C345 C345K	C375 C390	C440	C590	>C590
1	Колонна одновет- вевая со сплошной стенкой, сварная с по- стоянным или пере- менным сечением	10.100	1,0	1,08	1,14	1,20	1,30	1,43
2	Колонна из двух и четырех сборных вет- вей, соединенных стенкой с ребрами жесткости или ре- шеткой. Ветви Н-об- разного, коробчато- го или другого сече- ния. Решетка из тол- столистовой или уг- ловой стали	10.200	1,0	1,09	1,15	1,21	1,31	1,46
3	Колонна из оди- ночных двутавров со ступльниками и монтажными дета- лями для крепления других конструк- тивных элементов	10.300	1,0	1,09	1,14	1,20	1,28	1,41
4	Подкрановая балка из прокатных дву- тавров или швелле- ров без ребер жест- кости с деталями для соединения с по- следующими эле- ментами	30.100	1,0	1,09	1,17	1,22	1,31	1,43

Продолжение табл. 7.1

№	Типопредставитель	Шифр типо- предста- вителя	Класс стали					
			C235 C285	C345 C345K	C375 C390	C440	C590	>C590
5	Подкрановая балка одностенчатая со сплошной стенкой, сварная, с одним или несколькими листами, уголками, ребрами жесткости	30.200	1,0	1,08	1,14	1,19	1,28	1,40
6	Тормозные конструкции подкрановых балок сплошного сечения (настил из рифленой стали с ребрами жесткости)	30.400	1,0	1,06	1,11	1,16	1,23	1,35
7	Ферма стропильная решетчатая пролетом 18 м, тормозные конструкции решетчатые из прокатных профилей независимо от рисунка решетки	40.100	1,00	1,08	1,14	1,19	1,29	1,39
8	Ферма стропильная решетчатая из прокатных профилей пролетами 24, 30 и 36 м	40.200	1,0	1,08	1,13	1,17	1,26	1,35
9	Ферма подстропильная решетчатая с параллельными поясами и треугольной решеткой из прокатных профилей пролетом 12 м и более	50.100	1,0	1,09	1,13	1,20	1,31	1,39

Продолжение табл. 7.1

№	Типопредставитель	Шифр типо- предста- вителя	Класс стали					
			C235 C285	C345 C345K	C375 C390	C440	C590	>C590
10	Прогон и связь из одного или двух и более горячекатаных профилей без фасонков или с фасонками	60.100	1,0	1,08	1,13	1,18	1,26	1,38
11	Прогон и связь решетчатые (типа ферм) из горячекатаных профилей	60.200	1,0	1,11	1,18	1,24	1,26	1,43
12	Ригель и балка из одиночных или нескольких прокатных швеллеров или двутавров без ребер жесткости	80.100	1,00	1,10	1,18	1,23	1,32	1,46
13	Ригель и балка из прокатных швеллеров или двутавров, усиленных горизонтальными листами или ребрами жесткости	80.200	1,00	1,08	1,13	1,18	1,25	1,36
14	Ригель и балка двутаврового сечения из листового проката без ребер или с ребрами жесткости	80.300	1,00	1,08	1,14	1,19	1,28	1,41
15	Щит покрытия, каркас из прокатных профилей, обшивка из листа без ребер жесткости	80.400	1,00	1,09	1,16	1,22	1,31	1,44

О к о н ч а н и е т а б л . 7.1

№	Типопредставитель	Шифр типо- предста- вителя	Класс стали					
			C235 C285	C345 C345K	C375 C390	C440	C590	>C590
16	Площадка рабочая из прокатных швеллеров и двутавров с листовым настилом и несущими конструкциями легкого и тяжелого типа	90.100	1,00	1,09	1,14	1,19	1,27	1,39

Т а б л и ц а 7.2

**Поправочные коэффициенты к общим затратам труда,
учитывающие серийность**

Номер карты	Шифр типопред- ставителя	Количество изделий в партии, шт.					
		1...2	3...5	6...10	11...20	21...40	свыше 40
1	10.100	1,03	1,00	0,97	0,93	0,93	0,92
2	10.200	1,02	1,00	0,98	0,95	0,95	0,94
3	10.300	1,04	1,00	0,95	0,90	0,90	0,88
9	30.100	1,02	1,00	0,97	0,96	0,96	0,93
10	30.200	1,02	1,00	0,97	0,95	0,95	0,94
11	30.400	—	—	—	—	—	—
12	40.100	1,02	1,00	0,97	0,94	0,94	0,93
13	40.200	1,02	1,00	0,96	0,92	0,92	0,90
14	50.100	1,03	1,00	0,95	0,92	0,92	0,90
15	—	—	—	—	—	—	—

Примечания: 1. Величину партии принимают по количеству однотипных элементов не на здание в целом, а с учетом одновременного их запуска, обеспечивающего комплектную поставку конструкций для отдельных монтажных захваток.

2. На конструктивные элементы, не приведенные в таблице, поправочные коэффициенты не вводят, так как в соответствующих нормативах учтены партии с количеством изделий более 5 штук.

Норматив затрат труда на прочие работы определяется вычитанием из общих затрат труда нормативов на изготовление полуфабриката, слесарно-сборочных, электросварочных и малярных работ.

На картах трудозатрат цифрами обозначены следующие графики: 1 – изготовление полуфабриката; 2 – слесарно-сборочные работы; 3 – электросварочные работы.

Характеристики металлообрабатывающего оборудования

Гильотинные ножницы для резки листа

Параметры	Россия			ФРГ		США
	НБ-478	Н-482	Н-483			1250-12
Усилие резания, кН	—	1600	2240	—	—	740
Габариты листа, тах, мм: толщина ширина	16 3200	25 3200	32 3200	16 3150	25 3150	38 1829
Временное сопротивление, МПа	500	500	500	500	500	—
Ширина зева, мм	500	600	600	600	600	—
Расстояние между стойками «в свету», мм	3250	3275	3275	3550	3450	3758
Число ходов в минуту	25	20	20	16	12	3
Габаритные размеры, мм: длина ширина высота	4730 3650 2600	5285 4300 2850	5285 4300 2660	3850 3800 2500	4100 4900 2760	— — —
Угол наклона верхнего ножа	2°10'	2°50'	3°	—	—	—
Ход верхнего ножа, мм	145	210	210	—	—	—

Дисковые пилы

Параметры	Россия		ФРГ	
	8А68	8В56	УС-326-А	КА-1000-Ohler
Скорость вращения диска, об/мин	—	—	1500/3000	1200
Наибольший размер разрезаемого материала, мм:				
круглое сечение	500	240	120	400
квадратное сечение	—	—	110	380
профильный прокат	—	—	130×130	400×370
Диаметр диска, мм	1430	710	315, 350, 360	1118
Габаритные размеры, мм:				
длина	3250	2550	2530	2058
ширина	1795	1260	1150	1270
высота	2340	1775	1500	2717

Ножницы для резки профильной стали

Параметры	Уголок			Швеллер	Двутавр
	45	Н-1434	Н-1425	421/28	Н1726
Наибольший размер профиля, мм	200×25	250×28	80×8	80...300 80...400	80...400 100...400
Число ходов ползуна в минуту	24	24	50	6	9
Ход ножа, мм	70	65	30	—	—
Габаритные размеры, мм:					
длина	2800	3300	—	3900	4070
ширина	1600	2350	—	2000	1400
высота	2900	2900	—	3275	2970

Листогибочные прессы

Параметры	Россия				ФРГ
	И1330А	И1332	И1332Б	И1334Б	РКХА-250/5600
Номинальное усилие, кН	1000	1600	1600	2500	2500
Длина стола ползуна, мм	4050	5050	5050	5050	5600
Расстояние между стойками «в свету», мм	2550	2550	3200	3200	3300
Ход ползуна, мм	80	100	100	100	100
Число ходов ползуна в минуту:					
автоматических	—	24	24	24	24
одиночных	10 и 30	8	8	8	8
Расстояние от оси ползуна до станины, мм	250	320	320	320	500
Величина регулировки расстояния между столом и ползуном, мм	100	100	125	125	125
Габаритные размеры, мм:					
длина	4050	3810	5400	5400	5700
ширина	1820	2295	3850	3700	3150
высота	3290	4050	3450	5000	5200

Правильно-гибочные прессы

Параметры	Россия		ФРГ	
	К-1033	КА-1036	PYXWM 400	PYXWM 250
Номинальное усилие, кН	2000	4000	3920	2450
Расстояние между стойками «в свету», мм	—	1100...2360	—	—
Вылет, мм	320	420	400	325
Ход ползуна, мм	70	70	630	560
Число двойных ходов ползуна в минуту	35	30	—	—
Размер выпрямляемого проката, тах, мм:				
двутавр	№ 30	—	55/60	30/60
швеллер	№ 30	—	40/60	30/60
Габаритные размеры, мм:				
длина	2697	3623	4200	3875
ширина	2232	3730	2000	3850
высота	3335	4830	1700	1555

Машины для правки грибовидности сварных двутавров

Параметры	Вертикальная СКМЗ	Горизонтальная Тойтепинского ЗМК
Усилие нажимного ролика, кН	1400	460
Размер балки при 500 МПа:		
высота	500...2030	410...3200
ширина	220...660	200...800
толщина полки	10...40	6...40
Скорость правки, м/с	0,17	0,15
Габаритные размеры, мм:		
ширина	2930	2160
высота	4270	1615

Листогибочные машины

Параметры	Россия				ФРГ	Чехия	
	И-2378	201П* СКМЗ	И-2424	ИА- 2426	ИВВДК 40Х4000	XZM 800/32	XZM-C 600/21
Размеры листа, мм:							
толщина	25	25	25	40	40	32	21
ширина	6300	3500	3150	3150	4000	8000	6000
Предел прочности листа при растяжении, МПа	560	600	560	560	400	400	400
Число валков	4	4	4	4	3	3	4
Диаметр валков, мм:							
верхнего	600	600	500	600	425	750	530
нижнего	550	550	450	550	360	580	460
бокового	480	480	420	480	—	—	460
Скорость гибки, м/мин	6,75	6,5	5,6	6,8	6,3	4,0	4,5
Габаритные размеры, мм:							
длина	—	11 595	10 930	10 570	8300	17 700	12 050
ширина	—	5000	3850	3900	1630	4800	3750
высота	—	2625	3800	3880	1790	3645	4300

Пресс-ножницы комбинированные

Параметры	НБ-5220	НБ-5222	НБ-5225	НБ-635А	Sc FDUА	
					БК/16	ВМ/25
Вылет пресса, мм	400	500	500	600	500	600
Ход ползуна, мм	—	25	45	—	—	—
Число двойных ходов ползуна в минуту	65	50	28	30	32	26
Характеристика обрабатываемого материала, мм, профильный металл:						
уголок (под прямым углом)	808×80	120×12	200×20	150×18	130×12	150×18
уголок (под углом 45°)	63×6	90×10	160×16	—	—	—
Диаметр круга	36	45	45	—	—	—
Швеллер или двутавр	—	№ 18	№ 33	№ 30	№ 20	№ 30
Листовой металл:						
толщина, мм	10	16	32	25	18	25
сечение полосы	16×110	20×140	40×180			
Временное сопротивление, МПа	450	450	450	—	—	—
Наибольший диаметр пробиваемого отверстия, мм	25	30	42	30	27	35
Габаритные размеры, мм:						
длина	1545	1880	3245	2450	—	—
ширина	990	2185	1260	1260	—	—
высота	1350	1070	2840	2840	—	—

Радиально-сверлильные станки на самоходной тележке

Параметры	2Д53А	ОС289	ИР-111	2Д58
Наибольший диаметр сверла, мм	35	35	50	100
Вылет шпинделя, мм	2400	2400	1200	2250
Вертикальный ход шпинделя, тах, мм	350	350	—	500
Расстояние от торца шпинделя до плиты (головки рельса), мм	2300	2300	1070	1400
Число оборотов шпинделя в мин: подача сверла, мм/об номер конуса Морзе	28...1700 0,05...2,2 5	28...1700 0,5...2,2 5	20...2000 0,056...2,5 5	9...1000 0,1...2,2 6
Габаритные размеры, мм: длина ширина высота	4865 4300 3940	5600 1430 3855	— — —	5000 4300 3360

Сварочные полуавтоматы

Параметры	В углекислом газе			Под слоем флюса
	А-537у	А-1035М	ПГШ-3	ПШ-3у
Напряжение питающей сети, В	220/380	220/380	220/380	220/380
Номинальный сварочный ток, А	600	450	500	500
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	78...600	58...582	180...480	60...600
Диаметр электродной проволоки, мм	1,6...2	1,6...2	1,6...2	1,6...2

Стационарные радиально-сверлильные станки

Параметры	2А53	2Д55	2Н57	258	2Н53
Наибольший диаметр сверла, мм	35	50	75	100	100
Вылет шпинделя, мм	1200	1500	2000	3000	3150
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до плиты, мм	1500	1500	1800	2600	3000
Наибольшее перемещение шпиндельной головки по рукаву, мм	800	1050	900	2500	3500
Наибольшее перемещение рукава по колонне, мм	700	680	900	1350	1500
Ход шпинделя, мм	300	350	450	500	500
Номер конуса Морзе	4	5	6	6	6
Частота вращения шпинделя, об/мин	50...2240	28...2000	12,5...1600	9...100	10...1000
Подача на 1 оборот шпинделя, мм	0,06...1,2	0,05...2,2	0,063...2,15	0,1...2,12	0,063...3,1
Габаритные размеры, мм:					
длина	2250	2625	3620	4860	4850
ширина	900	970	1550	1730	1730
высота	3070	3265	3875	4800	4910

Прессы для продавливания отверстий, вырубки и обработки мелких листовых деталей

Параметры	К- 2328	К- 2132А	К- 1430	К- 274	К- 3537	К- 3539	К- 196
Усилие пресса, кН	630	1600	100	3150	5000	6000	800
Ход ползуна, мм	16...100	25...160	25...130	210	250	315	38
Число ходов ползуна в минуту	90	70	80	25	20	17	35
Расстояние от оси ползунка до станины пресса, мм	340	360	280...560	600	750	900	800
Габаритные размеры пресса, мм:							
длина	710	2100	—	1120	2500	2500	2500
ширина	480	2340	—	1000	1400	1500	700
высота	—	3650	—	—	—	—	2170

Сварочные автоматы

Параметры	Марка				
	ТС-17МУ	ТС-35	ДТС-38	А-639	ТС-4 (А-1370)
Номинальный сварочный ток, А	1000	1000	1600	1000	1000
Диаметр электродной проволоки, мм	1,6...5	1,6...5	2...5	2...5	2...5
Скорость подачи проволоки, м/ч	52...403	50...500	58...580	27...225	60...360
Скорость сварки, м/ч	16...126	12...120	11...112	14...110	12...120

Многоштемпельные дыропробивочные прессы

Параметры	K1927	K1928	K1930
Номинальная сила, кН	500	630	1000
Частота движения, дв. ход/мин	50	50	42
Наибольший размер пробиваемого отверстия, мм:			
диаметр	30	34	38
толщина листа	16	20	25
Расстояние от оси пуансона до станины, мм	500	600	600
Габаритные размеры, мм:			
длина	1550	1900	1895
ширина	1070	1145	1220
высота	1880	2080	2435

Продольно-строгальные станки

Параметры	7110	7210	7112	7212	7116
Наибольшие размеры обрабатываемой заготовки, мм:					
ширина	1000	1000	1250	1250	1600
высота	900	900	1120	1120	1400
длина	3000	3000	4000	4000	6000
Скорость строгания, м/мин	4...90	4...90	4...80	4...80	4...80
Габаритные размеры, мм:					
длина	7950	7950	9950	9950	14 000
ширина	3700	4000	4200	4500	4500
высота	3550	3450	4100	3800	4750

Кромкострогальные станки

Параметры	Россия		Чехия
	7806	7814	ННР-6
Максимальная длина обрабатываемого листа, мм	6000	14 000	6000
Толщина пакета листов, тах, мм	50	50	80
Подача суппортов, мм/дв. ход:			
горизонтальная	0,5...12,5	0,6...6	—
вертикальная	0,25...6,2	0,4...5	—
Габаритные размеры, мм:			
длина	11 070	18 970	9400
ширина	3840	3695	2270
высота	2600	3215	2345

Торцефрезерные станки

Параметры	ИР-198	ТФС-3	ТФС-4	6991
Диаметр фрезы, мм	250	200	250	250
Сечение обрабатываемого торца, мм	1400×3600	1300×2100	1200×3600	1800×3600
Осевое перемещение шпинделя, мм	250	141	141	200
Скорость резания, м/мин	16...250	163...260	163...260	15...185
Габаритные размеры, мм:				
длина	17 790	5430	6920	18 190
ширина	7240	2459	2700	7610
высота	3330	3180	3815	4700

Станок для резки труб «Пайком-250»

Параметры	Показатели
Диаметр обрабатываемой трубы, мм	40...250
Толщина стенки трубы, мм	1...50
Длина трубы при одновременной резке обоих концов, мм	250...6500
Угол пересечения труб: при диаметре до 120 мм, min при диаметре 250 мм, max при всех диаметрах, max	15 29 90
Скорость резки, мм/мин	400...500

Малорезаковые машины кислородной резки

Параметры	«Радуга»	«Спутник-2»
Резаки, шт.	2	1
Скорость перемещения резаков, мм/мин	90...1600	200...680
Угол разделки кромок	20...40	—
Ширина полос при резке с двумя резаками, мм	100...330	—
Толщина металла при резке, мм: одним резаком двумя резаками	5...160 5...100	— —
Толщина стенки трубы, мм	—	5...50
Диаметр трубы, мм	—	194...1420
Габаритные размеры, мм: ходовая часть блок питания	405×250×245 170×170×190	555×430×300 —

Машины для фигурной кислородной резки

Параметры	СГУ-1-60	АСШ-70	С фотоэлектронным управлением			
			«Одесса»	«Юг-2,5 К1,6»	«Юг-8К4»	«Юг-2,5 ПЛ6»
Резаковые суппорты, шт.	—	—	4	2	4	1
Резаки, шт.	4	3	4	2	4	1
Скорость перемещения резаков, мм/мин	80...800	100...1600	50...1000	100...6000	100...4000	100...6000
Обрабатываемый материал, мм:						
толщина	5...100	5...100	5...300	5...100	5...100	До 50
ширина	2000	—	5000	2500	8000	2500
длина	—	—	9000	8000	8000	8000
Габаритные размеры машины, мм:						
длина	—	1810	—	4060	10 160	4060
ширина	—	1500	400	2400	2400	2400
высота	—	1750	1600	1570	1570	1570

Машины для прямойной кислородной резки

Параметры	«Днепр-2, 5 кг»	«Днепр-5 кг»	«Днепр-8 К 2»	МГЛ-1 «Черномор»
Одновременно работающие резаки, шт.	6	6	12	6
Резакотые суппорты, шт.	2	2	4	1
Скорость перемещения резаков, мм/мин: наибольшая наименьшая	2000 100	2000 100	2000 100	2000 50
Характеристика обрабатываемого материала, мм: длина ширина толщина: При скосе кромок: под сварку без скоса кромок	8000 2500 5...80 12...160	8000 5000 5...160	8000 8000 5...160	8000 2500 5...80 12...160
Габаритные размеры, мм: рельсовый путь машина	11766 4060×2400×1650	7160×2400×1530	10 160×2400×1530	18 500×5030×785 11 600×4260×1650

Аппараты для окраски распылением

Параметры	«Факел»	Viza-1
Производительность, м ² /ч	150...400	—
Расход краски, г/мин	—	400...950
Производительность насоса, л/мин	1,0	0
Ширина факела, мм	250...350	80...350
Рабочее давление воздуха, МПа	0,3...0,4	0,4...0,7
Наибольшее давление краски, МПа	16	16
Расход воздуха: распыление, м ³ /ч мешалка, нм ³ /ч	До 8 —	7,5 12,0
Вместимость бака для краски, л	—	20,0
Габаритные размеры, мм: в плане высота	280×380 480	Ø320 730

Краскораспылители внешнего смешивания

Параметры	КР-10	КР-20		КРУ-1	ЗИЛ	КА-1
Диаметр сопла, мм	1,8	1,8	2,50	1,8	1,5	2,5
Давление воздуха, МПа	0,3	0,3	0,35	0,2...0,4	0,45...0,45	0,3...0,45
Ширина факела, мм	До 150	До 190	260	300...450	400...500	До 300

Многовалковые листопривильные машины

Параметры	Россия				ФРГ				Чехия
	391П-71	49П	Череповец, ЗМК	Череповец, ЗМК	UBRK	UBRK	UBRD	Wagner	XRM 3200/20
Габаритные размеры выпрямляемого листа, мм: толщина min max ширина	6	–	–	–	6	6	6	–	5
	16	32	30	20	25	40	14	40	20
	2500	2500	600	1200	3200	3200	3150	3150	3300
	700	600	500	500	500	500	500	500	400
Предел прочности стали при растяжении, МПа	700	600	500	500	500	500	500	500	400
Число валков	9	7	6	7	7	7	11	7	7
Скорость правки, м/мин	8	8	10,8	10	12	9	10,2	6,3	6–12
Диаметр рабочих валков, мм	230	320	230	250	270	340	180	10	
Габаритные размеры, мм: длина ширина высота	10 357	10 670	2000	960	9500	10 800	8550	–	8210
	3225	4340	2300	2190	2750	3200	3000	–	3480
	3670	4420	1550	1615	1905	3520	3300	–	3960

Углоправильные машины

Параметры	1010П (Россия)	3150UFRst (ФРГ)	Wagner (ФРГ)		Bigwood (Англия)	
Наибольшие размеры уголка, мм	200×200×30	—	150×150×20	200×200×24	150×150×25	200×200×24
Скорость правки, м/мин	27,6	36/53/72	36/72	36/42	38/75	25/50
Число правильных роликов	9	7	7	79	9	9
Диаметр ролика, мм	610	—				
Габаритные размеры, мм: длина ширина высота	8640	—		5500	3800	4940
	6020	—		5300	4000	4320
	3350	—		2800	2130	2130

**Надписи к графикам трудозатрат
на изготовление типопредставителей
конструктивных элементов промышленных зданий**

№ карты	Конструктивный элемент	Типопредставитель
1	Колонна	Одноветвевая со сплошной стенкой, сварная с постоянным или переменным сечением
2	Колонна	Из 2–4 сборных ветвей, соединенных стенкой с ребрами жесткости или решеткой. Ветви Н-образного, коробчатого или другого сечения. Решетка из толстолистовой или угловой стали
3	Колонна	Из одиночных двутавров со стульчиками и монтажными деталями для крепления других конструктивных элементов
4	Подкрановая балка	Из прокатных двутавров или швеллеров без ребер жесткости с деталями для соединения с последующими элементами
5	Подкрановая балка	Одностенчатая со сплошной стенкой, сварная, с одним или несколькими листами, уголками, ребрами жесткости
6	Тормозные конструкции подкрановых балок	Сплошного сечения (настил из рифленой стали с ребрами жесткости)
7	Ферма стропильная, тормозные конструкции	Ферма стропильная решетчатая пролетом 18 м, тормозные конструкции решетчатые из прокатных профилей независимо от рисунка решетки

Продолжение таблицы

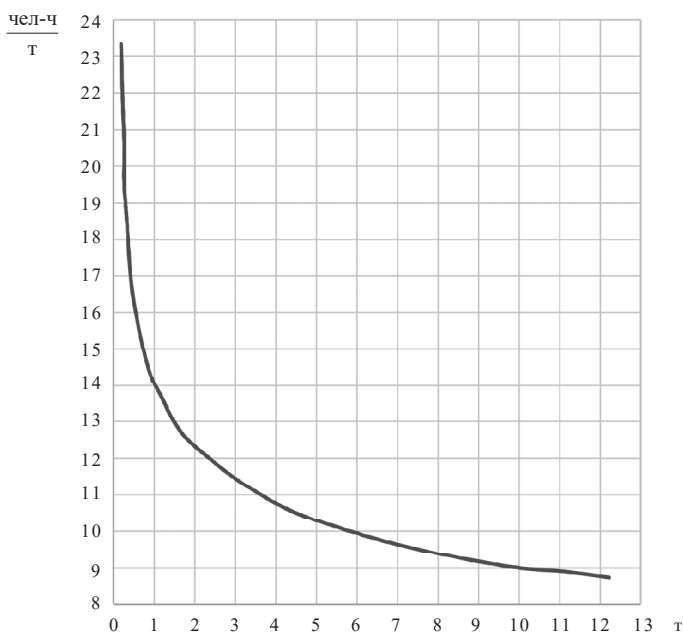
№ карты	Конструктивный элемент	Типопредставитель
8	Ферма стропильная	Решетчатая из прокатных профилей пролетами 24, 30 и 36 м
9	Ферма подстропильная	Решетчатая с параллельными поясами и треугольной решеткой из прокатных профилей пролетом 12 м и более
10	Прогон и связь	Из одного или двух и более горячекатаных профилей без фасонки или с фасонками
11	Прогон и связь	Решетчатые (типа ферм) из горячекатаных профилей
12	Ригель и балка	Из одиночных или нескольких прокатных швеллеров или двутавров без ребер жесткости
13	Ригель и балка	Из прокатных швеллеров или двутавров, усиленных горизонтальными листами или ребрами жесткости
14	Ригель и балка	Двутаврового сечения из листового проката без ребер или с ребрами жесткости
15	Щит покрытия	Каркас из прокатных профилей, обшивка из листа без ребер жесткости
16	Площадка рабочая	Из прокатных швеллеров и двутавров с листовым настилом и несущими конструкциями легкого и тяжелого типа
17	Секция промежуточная и секция – вставка мачт квадратного и треугольного сечения высотой до 350 м с базой 0,8; 1,35; 2,5 м	Решетчатая пространственная из горячекатаных и сварных труб с фланцами, соединения на сварке

О к о н ч а н и е т а б л и ц ы

№ карты	Конструктивный элемент	Типопредставитель
18	Пояс башен прямоугольного сечения высотой до 350 м с базой 7,5...31 м	Из горячекатаных и сварных труб с опорной плитой, фланцами, ребрами жесткости с соединениями на сварке
19	Раскос, распорка, диафрагма из труб для башен прямоугольного сечения высотой до 350 м с базой 7,5...31 м	Из горячекатаных и сварных труб с деталями для крепления и соединениями на сварке
20	Раскос и распорка из прокатных профилей башен прямоугольного сечения высотой до 350 м с базой 7,5...31 м	Конструкции из одиночных или спаренных прокатных уголков, швеллеров или двутавров с деталями крепления и соединениями на сварке

Конструктивный элемент	Типопредставитель	Шифр	№ карты
Колонна	Одноветвевая со сплошной стенкой, сварная, с постоянным или переменным сечением	10.100	1

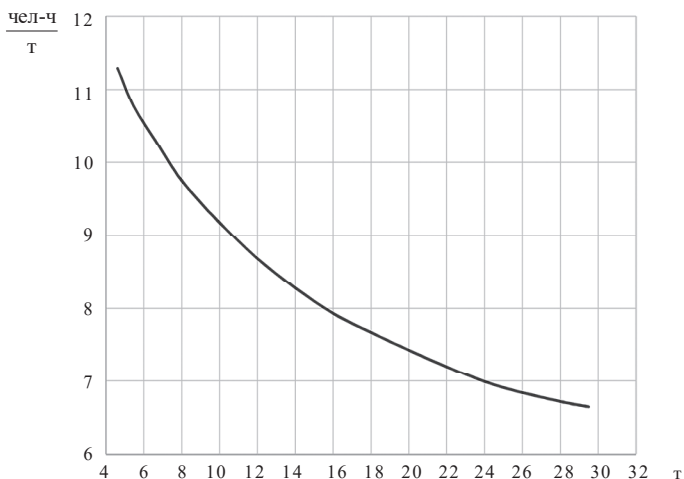
Общие затраты труда



Параметры зависимости	Всего	Из них для видов работ		
		изготовления полуфабриката	слесарно- сборочных	электро- сварочных
a – удельная трудоемкость при массе 1 т, чел.-ч	14,19	5,050	3,440	4,680
b – степень зависимости	0,191	0,130	0,332	0,164

Конструктивный элемент	Типопредставитель	Шифр	№ карты
Колонна	Из 2–4 сборных ветвей, соединенных стенкой с ребрами жесткости или решеткой. Ветви Н-образного, коробчатого или другого сечения. Решетка из толстолистовой или угловой стали	10.200	2

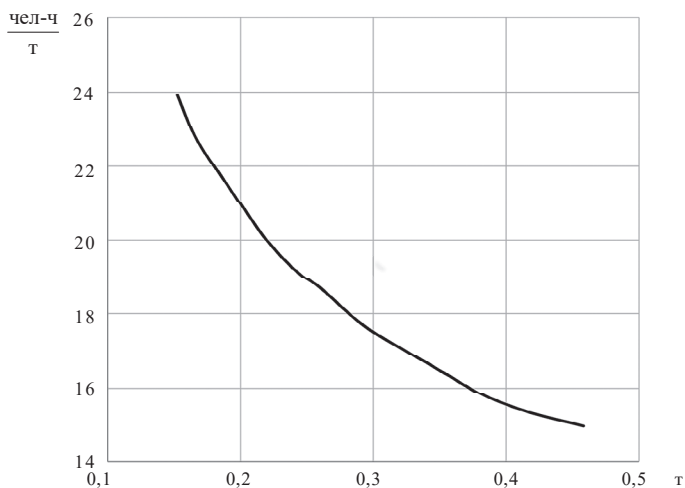
Общие затраты труда



Параметры зависимости	Всего	Из них для видов работ		
		изготовления полуфабриката	слесарно-сборочных	электро-сварочных
a – удельная трудоемкость при массе 1 т, чел.-ч	17,420	7,550	3,450	5,990
b – степень зависимости	0,295	0,315	0,313	0,268

Конструктивный элемент	Типопредставитель	Шифр	№ карты
Колонна	Из одиночных двутавров или швеллеров со стульчиками и монтажными деталями для крепления других конструктивных элементов	10.300	3

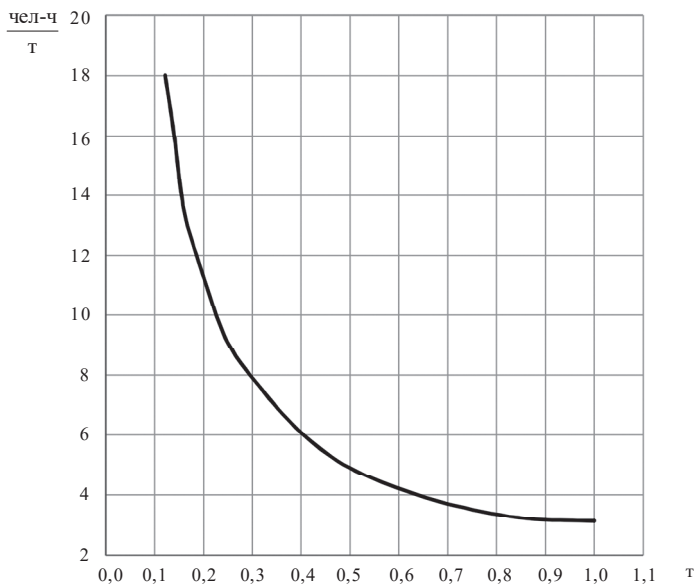
Общие затраты труда



Параметры зависимости	Всего	Из них для видов работ		
		изготовления полуфабриката	слесарно-сборочных	электро-сварочных
a – удельная трудоемкость при массе 1 т, чел.-ч	10,840	5,080	3,310	2,395
b – степень зависимости	0,409	0,145	0,606	0,444

Конструктивный элемент	Типопредставитель	Шифр	№ карты
Подкрановая балка	Из прокатных двутавров или швеллеров без ребер жесткости, с деталями для соединения с последующими элементами	30.100	4

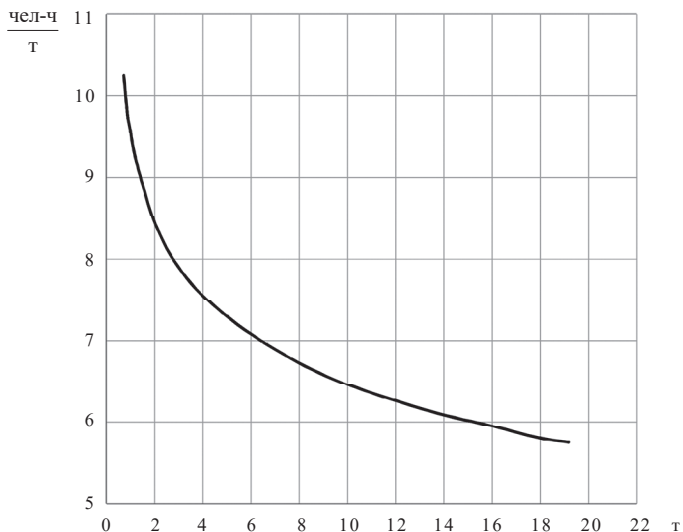
Общие затраты труда



Параметры зависимости	Всего	Из них для видов работ		
		изготовления полуфабриката	слесарно-сборочных	электро-сварочных
a – удельная трудоемкость при массе 1 т, чел.-ч	3,117	0,948	0,860	0,964
b – степень зависимости	0,692	0,655	0,619	0,894

Конструктивный элемент	Типопредставитель	Шифр	№ карты
Подкрановая балка	Одностенчатая со сплошной стенкой, сварная, с одним или несколькими листами, уголками, ребрами жесткости или без них	30.200	5

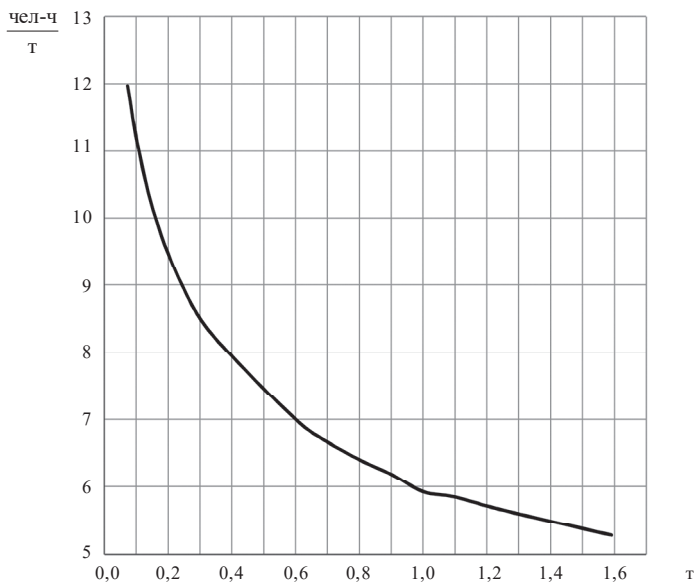
Общие затраты труда



Параметры зависимости	Всего	Из них для видов работ		
		изготовления полуфабриката	слесарно-сборочных	электро-сварочных
a – удельная трудоемкость при массе 1 т, чел.-ч	9,573	3,378	1,777	4,147
b – степень зависимости	0,170	0,233	0,066	0,186

Конструктивный элемент	Типопредставитель	Шифр	№ карты
Тормозные конструкции подкрановых балок	Сплошного сечения (настил из рифленой стали с ребрами жесткости)	30.400	6

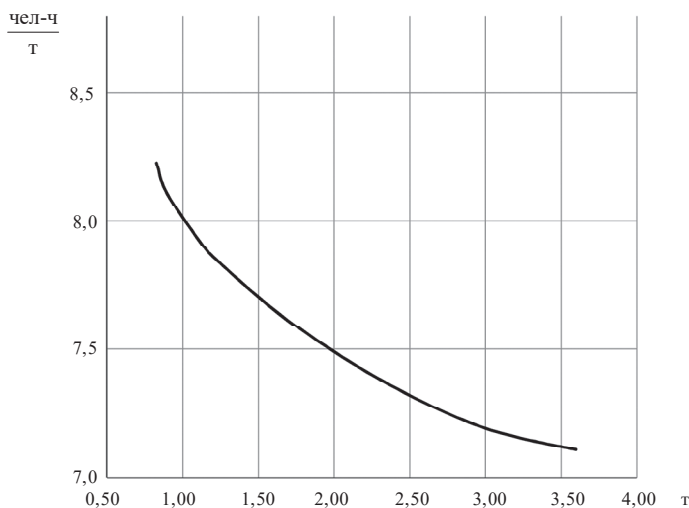
Общие затраты труда



Параметры зависимости	Всего	Из них для видов работ		
		изготовления полуфабриката	слесарно-сборочных	электро-сварочных
a – удельная трудоемкость при массе 1 т, чел.-ч	5,922	2,778	1,299	1,781
b – степень зависимости	0,310	0,261	0,543	0,147

Конструктивный элемент	Типопредставитель	Шифр	№ карты
Ферма стропильная, тормозные конструкции	Ферма стропильная решетчатая пролетом 18 м, тормозные конструкции решетчатые из прокатных профилей независимо от рисунка решетки	40.100	7

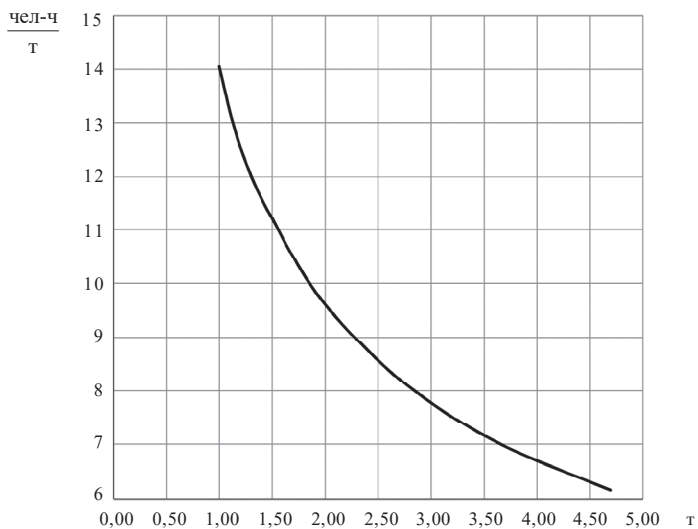
Общие затраты труда



Параметры зависимости	Всего	Из них для видов работ		
		изготовления полуфабриката	слесарно-сборочных	электро-сварочных
a – удельная трудоемкость при массе 1 т, чел.-ч	8,060	3,484	1,517	2,701
b – степень зависимости	0,096	0,156	0,210	0,187

Конструктивный элемент	Типопредставитель	Шифр	№ карты
Ферма стропильная	Решетчатая из прокатных профилей пролетами 24, 30 и 36 м	40.200	8

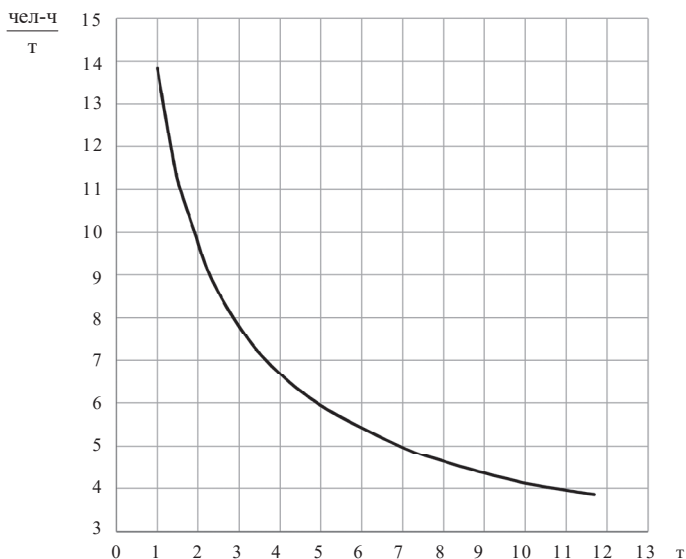
Общие затраты труда



Параметры зависимости	Всего	Из них для видов работ		
		изготовления полуфабриката	слесарно-сборочных	электро-сварочных
a – удельная трудоемкость при массе 1 т, чел.-ч	14,049	5,640	4,658	3,706
b – степень зависимости	0,500	0,584	0,501	0,479

Конструктивный элемент	Типопредставитель	Шифр	№ карты
Ферма подстропильная	Решетчатая с параллельными поясами и треугольной решеткой из прокатных профилей пролетом 12 м и более	50.100	9

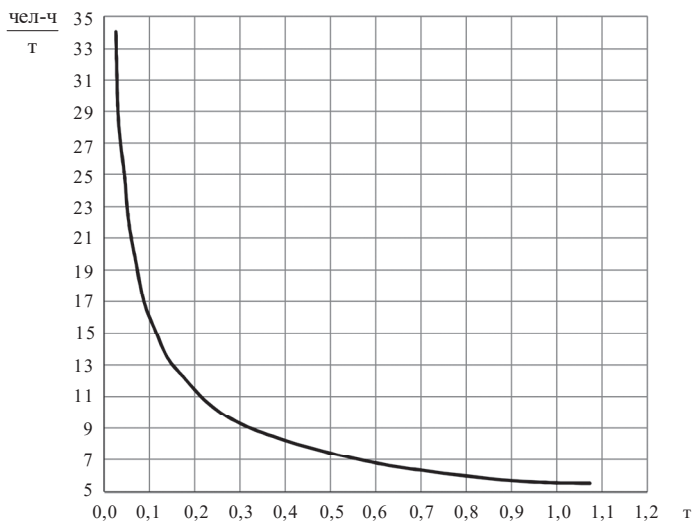
Общие затраты труда



Параметры зависимости	Всего	Из них для видов работ		
		изготовления полуфабриката	слесарно-сборочных	электро-сварочных
a – удельная трудоемкость при массе 1 т, чел.-ч	13,840	4,354	4,676	4,729
b – степень зависимости	0,500	0,546	0,521	0,492

Конструктивный элемент	Типопредставитель	Шифр	№ карты
Прогон и связь	Из одного или двух и более горячекатаных профилей без фасонок или с фасонками	60.100	10

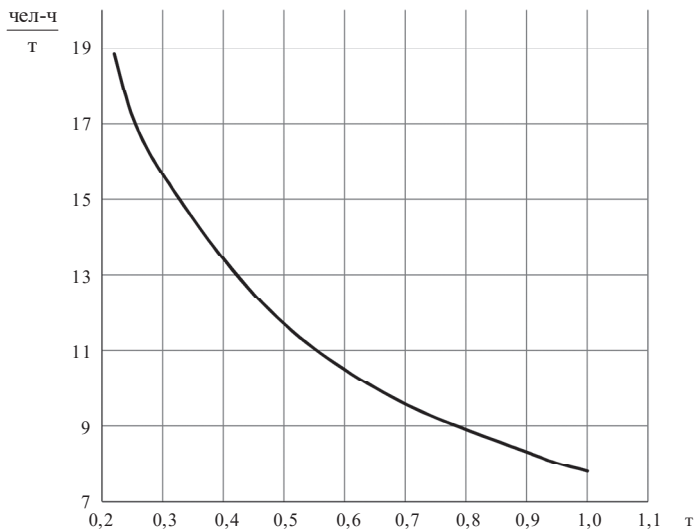
Общие затраты труда



Параметры зависимости	Всего	Из них для видов работ		
		изготовления полуфабриката	слесарно-сборочных	электро-сварочных
a – удельная трудоемкость при массе 1 т, чел.-ч	5,550	4,233	0,748	0,652
b – степень зависимости	0,467	0,312	0,581	0,709

Конструктивный элемент	Типопредставитель	Шифр	№ карты
Прогон и связь	Решетчатые (типа ферм) из горячекатаных профилей	60.200	11

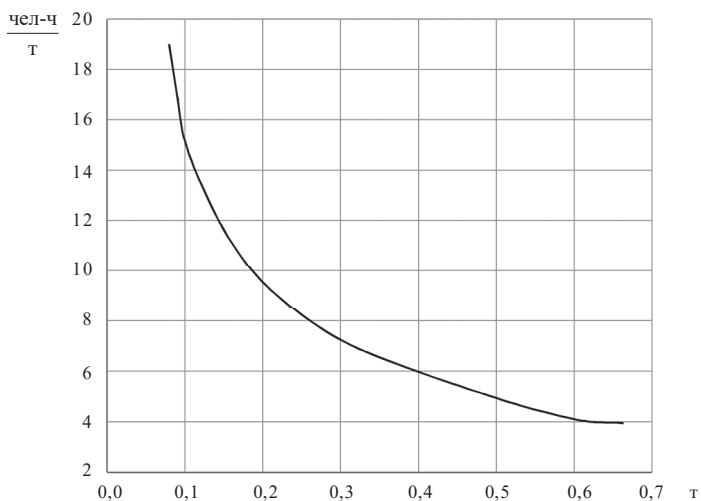
Общие затраты труда



Параметры зависимости	Всего	Из них для видов работ		
		изготовления полуфабриката	слесарно-сборочных	электро-сварочных
a – удельная трудоемкость при массе 1 т, чел.-ч	7,867	3,800	1,607	1,975
b – степень зависимости	0,571	0,508	0,460	0,807

Конструктивный элемент	Типопредставитель	Шифр	№ карты
Ригель и балка	Из одиночных или нескольких прокатных швеллеров или двутавров без ребер жесткости	80.100	12

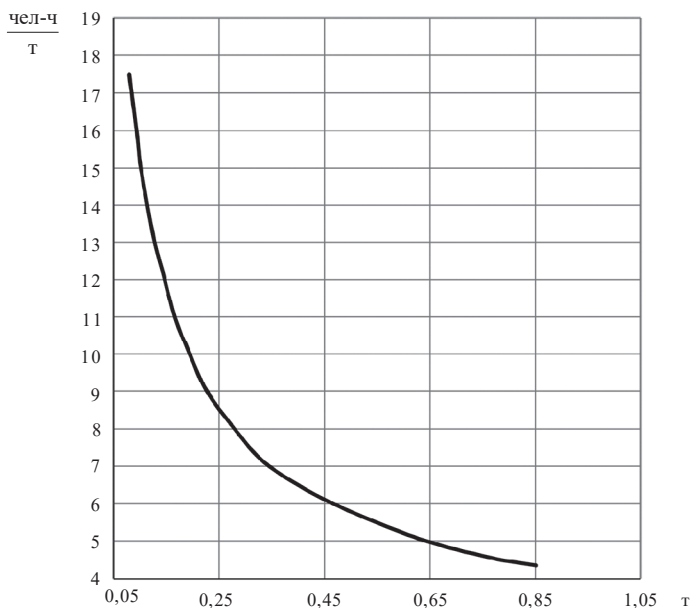
Общие затраты труда



Параметры зависимости	Всего	Из них для видов работ		
		изготовления полуфабриката	слесарно-сборочных	электро-сварочных
a – удельная трудоемкость при массе 1 т, чел.-ч	2,824	0,923	0,725	0,790
b – степень зависимости	0,755	0,669	0,712	1,001

Конструктивный элемент	Типопредставитель	Шифр	№ карты
Ригель и балка	Из прокатных швеллеров или двутавров, усиленных горизонтальными листами или ребрами жесткости	80.200	13

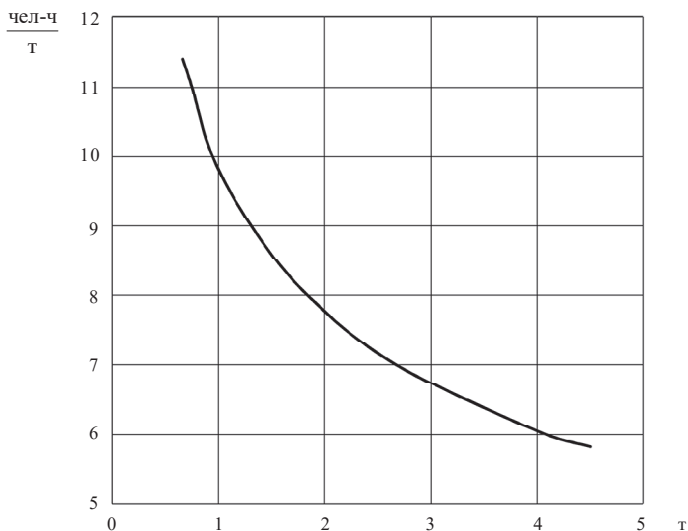
Общие затраты труда



Параметры зависимости	Всего	Из них для видов работ		
		изготовления полуфабриката	слесарно-сборочных	электро-сварочных
a – удельная трудоемкость при массе 1 т, чел.-ч	3,859	0,988	1,074	1,407
b – степень зависимости	0,569	0,569	0,543	0,645

Конструктивный элемент	Типопредставитель	Шифр	№ карты
Ригель и балка	Двутаврового сечения из листового проката без ребер или с ребрами жесткости	80.300	14

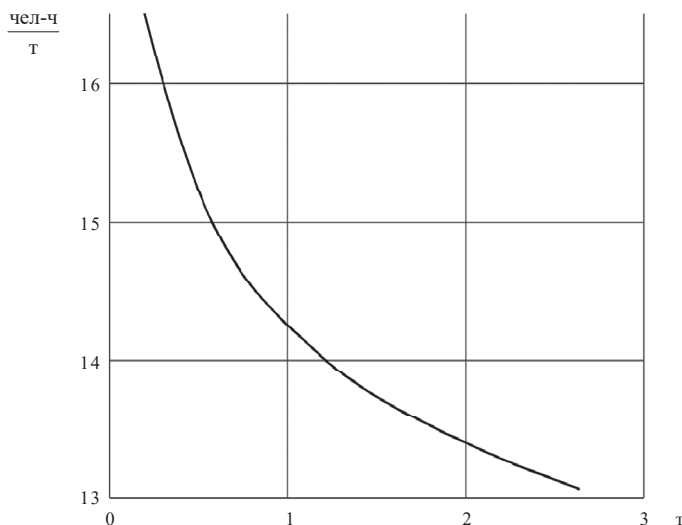
Общие затраты труда



Параметры зависимости	Всего	Из них для видов работ		
		изготовления полуфабриката	слесарно-сборочных	электро-сварочных
a – удельная трудоемкость при массе 1 т, чел.-ч	9,963	3,390	1,777	4,513
b – степень зависимости	0,351	0,186	0,310	0,490

Конструктивный элемент	Типопредставитель	Шифр	№ карты
Щит покрытия	Каркас из прокатных профилей, обшивка из листа без ребер жесткости	80.400	15

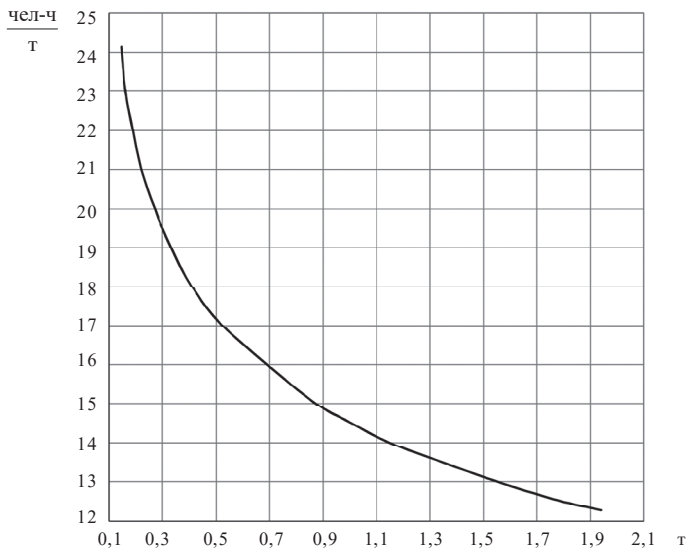
Общие затраты труда



Параметры зависимости	Всего	Из них для видов работ		
		изготовления полуфабриката	слесарно-сборочных	электро-сварочных
a – удельная трудоемкость при массе 1 т, чел.-ч	14,244	6,848	2,392	4,527
b – степень зависимости	0,088	0,287	–0,375	–0,122
























Конструктивный элемент	Типопредставитель	Шифр	№ карты
Площадка рабочая	Из прокатных швеллеров и двутавров с листовым настилом и несущими конструкциями легкого и тяжелого типа	90.100	16

Общие затраты труда



Параметры зависимости	Всего	Из них для видов работ		
		изготовления полуфабриката	слесарно-сборочных	электро-сварочных
a – удельная трудоемкость при массе 1 т, чел.-ч	14,461	8,570	2,122	3,394
b – степень зависимости	0,245	0,167	0,469	0,254

Условные обозначения на рабочих чертежах металлоконструкций

Наименование	Обозначение
Отверстие: круглое овальное с резьбой	   23×50
Заклепка с нормальной головкой	
Болт (грубой и нормальной точности): заводской монтажный болт высокопрочный	  
Сварной угловой шов (видимый и невидимый): заводской монтажный	   
Сварной угловой прерывистый шов (видимый и невидимый): заводской монтажный	   
Сварной стыковой шов (видимый и невидимый): заводской монтажный	   
Катет и длина углового шва	 
Сварной угловой прерывистый шов (заводской и монтажный) с указанием катета, длины и промежутка между участками шва 100 мм	 

Продолжение таблицы

Наименование	Обозначение
Шов сварной стыковой с обработкой кромок: V-образной ($\delta = 8$ мм)	$\nabla 8$
K-образной ($\delta = 20$ мм)	K 20
X-образной	X 20
Стыковой сварной шов без обработки кромок ($\delta \leq 8$ мм): при сварке с одной стороны	$\overline{\text{I}} 6$
при сварке с двух сторон	$\overline{\text{II}} 6$
Ось симметрии	Ось симметрии — — —
Отметки	8 ↓
Допуски размеров повышенной точности	$18\,000^{+0}_{-2}$
Фрезерование, строжка (глубина обработки 3 мм)	$\nabla 3$
Сталь:	
квадратная	□ 60×60
круглая (диаметр 20 мм)	Ø20
Труба круглая (наружный диаметр 180 мм, толщина 6 мм)	Тр. 180×60
Труба прямоугольная (со сторонами 80 и 60 мм, толщина 4 мм)	Тр. 80×60×4
Сталь листовая гладкая (ширина 600 мм, толщина 4 мм)	—600×4
Сталь листовая рифленая (ширина 500 мм, толщина без рифа 6 мм)	Риф. —500×6

О к о н ч а н и е т а б л и ц ы

Наименование	Обозначение
Сталь просечно-вытяжная (толщина заготовки 5 мм, величина подачи 8 мм, ширина листа 600 мм)	–ПВ 508×600
Уголок:	
неравнобокий (неравнополочный)	Л 125×80×8
равнобокий (равнополочный)	Л 125×9
Балка двутавровая	I 20
Швеллер (номер профиля 30)	[30
Сталь холодногнутая угловая равнополочная	ГН L90×90×4
Рельс (железнодорожный и крановый)	P43, KP120

Сокращения слов и терминов на чертежах

Наименование	Обозначение
Ближняя сторона	б. с.
Дальняя сторона	д. с.
Линиягиба	л. г.
Обратно, обратная	обр.
Равные расстояния	р. р.
Смалковать	смл.
Размалковать	рмл.
Фрезеровать	фрез.
Вальцевать маркой наружу	в. м. н.
То же внутрь	в. м. в.
Гнуть маркой наружу	гн. м. н.
То же внутрь	гн. м. в.
Гнуть фаской наружу	гн. ф. н.
То же внутрь	гн. ф. в.
Строгать	строг.
Строгать одну продольную кромку	стр. 1. пр.
Строгать две продольные кромки	стр. 2. пр.
Строгать по периметру	стр. по. пер.
Косой рез	кос. рез.
Фасонный лист	ф. л.
Снять фаски	сн. ф.
Строгать обушок	стр. об.
Строгать одну плоскость	стр. 1 пл
Фрезеровать одну плоскость	фр. 1 пл.
Вальцевать	вальц.
Вырез в детали	выр.
Срезать угол	ср. уг.
Сборочная марка	сб. м.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. СНиП 2.03.06-85. Алюминиевые конструкции. М. : ГОССТРОЙ СССР, 1988.
2. *Абаринов А. А., Петров В. П.* Изготовление металлических конструкций. М. : Высш. шк., 1969.
3. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции / Госстрой СССР.
4. *Пешковский О. И.* Технология изготовления металлических конструкций. М. : Стройиздат, 1990.
5. Изготовление стальных конструкций : Справочник монтажника. М. : Стройиздат, 1978.
6. Справочник металлиста. 3-е изд., перераб. М. : Машиностроение, 1976.
7. *Абаринов А. А.* Составление детализованных чертежей металлических конструкций. М. : Стройиздат, 1978.
8. *Воронов Е. Л., Колесниченко Л. Ф.* Оборудование заводов металлических конструкций. М. : Машиностроение, 1972.
9. ГОСТ 2312-78. Балки подкрановые стальные для мостовых электрических кранов общего назначения грузоподъемностью до 50 т. Введ. 01.01.1979; срок действия до 01.01.84. Группа Ж 34. СССР.
10. ГОСТ 2318-2012. Межгосударственный стандарт. Конструкции стальные строительные. Общие технические условия. Введен 2013-07.01.
11. ГОСТ 23119-78. Фермы строительные стальные сварные с элементами из парных уголков для производственных зданий. Введ. 01.01.1979; срок действия до 01.01.1984. Группа Ж 34. СССР.
12. СП 53-101-98. Изготовление и контроль качества стальных строительных конструкций. М. : ГУП ЦПП. Введ. в развитие ГОСТ 23118.
13. *Крохалев В. Г., Москалев В. И.* Технология изготовления металлических конструкций : учеб. пособие. Свердловск : Изд-во УПИ им. С. М. Кирова, 1983.
14. Все для надежной сварки : интернет-учебник. Svarkainfo.ru. НПФ Шторм.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Банов М. Д. Сварка и резка материалов / М. Д. Банов, Ю. В. Казаков, М. Г. Козулин. – М. : Академия, 2010.

Каскович М. Н. Коррозия стальных нефтяных резервуаров / М. Н. Каскович. – М. : [б. и.], 1969.

Металлические конструкции : в 3 т. Т. 3. Специальные конструкции и сооружения : учеб. для строит. вузов ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. шк., 1999.

Раевский В. Г. Изготовление стальных вертикальных цилиндрических резервуаров методом сворачивания / В. Г. Раевский. – М. ; Л. : Гостоптехиздат, 1952.

СП Свод правил 53-101-98. Изготовление и контроль качества стальных строительных конструкций. Введ. 1999 г. М. : ГУП ЦПП, 1999.

Справочник монтажника. Изготовление стальных конструкций. – М. : Стройиздат, 1978.

СССР. Министерство монтажных и специальных работ. Комплексные нормативы затрат труда на изготовление конструкций радио- и телевизионных мачт и башен: ВСН 402-79 Минмонтажспецстрой. Срок введ. 01.01.1980. – М. : ЦНТИ ВНИКТИстальконструкция, 1980.

СССР. Министерство монтажных и специальных работ. Комплексные нормативы затрат труда на изготовление типопредставителей конструктивных элементов промышленных зданий: ВСН 393-78/Минмонтажспецстрой. Срок введ. 01.01.1978. – М. : ЦНТИ ВНИКТИстальконструкция, 1980.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ	5
1.1. Номенклатура строительных металлических конструкций	5
1.2. Материалы и изделия, применяемые при изготовлении металлических конструкций	6
1.3. Структура завода металлических конструкций	10
1.4. Конструктивная и технологическая документация	12
1.5. Технологические и механические свойства стали	17
1.6. Химический состав сталей и теплофизические константы	26
Глава 2. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ	28
2.1. Приемка металлопроката (сортировка, активирование, складирование и хранение)	28
2.2. Очистка металлопроката	31
2.3. Правка металлопроката	32
2.4. Разметка и наметка деталей	44
2.5. Механическая резка	46
2.6. Кислородно-газовая резка	53
2.7. Плазменная резка стали	57
2.8. Лазерная резка	61
2.9. Гидроабразивная резка	63
2.10. Образование отверстий	65
2.11. Строгание	71
2.12. Фрезерование деталей	72
2.13. Холодная и горячая гибка	74
Глава 3. СБОРКА И СВАРКА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ	81
3.1. Общие положения	81
3.2. Изготовление сварных двутавровых стержней	86
3.3. Изготовление сварных подкрановых балок	90

3.4. Изготовление сквозных одноступенчатых колонн	90
3.5. Изготовление ферм	92
3.6. Изготовление листовых конструкций	95
3.7. Изготовление сквозных трубчатых конструкций радио-, телепор	97
3.8. Изготовление горизонтальных резервуаров	100
3.9. Изготовление вертикальных стальных резервуаров	102
3.10. Робототехника	104
Глава 4. ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ ...	110
Глава 5. ПОТОЧНЫЕ ЛИНИИ	113
Глава 6. АНТИКОРРОЗИЙНАЯ ЗАЩИТА КОНСТРУКЦИЙ	122
6.1. Защита металлических конструкций лакокрасочными материалами	122
6.2. Защита строительных конструкций металлическими покрытиями	125
Глава 7. ТРУДОЕМКОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ	128
7.1. Структура трудозатрат	128
<i>Приложение 1</i>	136
<i>Приложение 2</i>	153
Условные обозначения на рабочих чертежах	172
Сокращения слов и терминов на чертежах	175
Библиографические ссылки	176
Список рекомендуемой литературы	177

Учебное издание

Крохалев Владимир Григорьевич
Чебыкин Александр Анатольевич

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Учебное пособие

Заведующий редакцией *М. А. Овечкина*
Редактор *Т. А. Федорова*
Корректор *Т. А. Федорова*
Компьютерная верстка *Г. Б. Головина*

Подписано в печать 08.11.17. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Цифровая печать.

Уч.-изд. л. 9,4. Усл. печ. л. 10,5. Тираж 50 экз. Заказ 244.

Издательство Уральского университета.
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4.
Тел.: +7 (343) 389-94-79, 350-43-28
E-mail: rio.marina.ovechkina@mail.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4.
Тел.: +7 (343) 358-93-06, 350-58-20, 350-90-13
Факс +7 (343) 358-93-06
<http://print.urfu.ru>

